

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



TESIS

**CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE HARINA DE SEMILLAS DE PAJURO
(*Erythrina edulis Triana ex Micheli*)**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la bachiller:

AURELIA TERESA CARHUANAMBO RODRÍGUEZ

Asesores:

Dr. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS

Dr. MANUEL SALOMÓN RONCAL ORDÓÑEZ

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Aurelia Teresa Carhuanambo Rodríguez.
DNI :74279046.
Escuela Profesional/Unidad UNC:
De INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.
2. Asesor:
Dr. José Gerardo Salhuana Granados.
Facultad/Unidad UNC:
DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de investigación
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

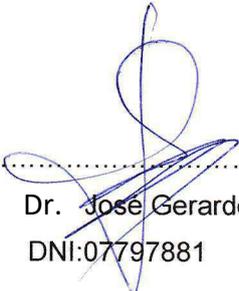
**CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE LA HARINA DE SEMILLAS DE
PAJURO (*Erythrina edulis Triana ex Micheli*).**

Fecha de evaluación: 11/08/2024

6. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 17%
8. Código Documento: oid:3117:372385043
9. Resultado de la Evaluación de Similitud: 17%

APROBADO **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O
DESAPROBADO**

Fecha de Emisión:12/08/2024

Firma y /o Sello Emisor Constancia

Dr. José Gerardo Salhuana Granados DNI:07797881

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

“NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA”

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciséis días del mes de julio del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 177-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de marzo del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: “**CARACTERIZACIÓN Y ACEPTABILIDAD DE HARINA DE SEMILLAS DE PAJURO (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli)**”, realizada por la Bachiller **AURELIA TERESA CARHUANAMBO RODRÍGUEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y dieciocho minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y ocho minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
SECRETARIO

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
VOCAL

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
ASESOR

Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez
ASESOR

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, por haberme acompañado y guiado por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar a lo largo de mi vida, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y mi alegría en mis momentos de tristeza y porque gracias a él he logrado concluir mi carrera profesional.

A mis padres **Pedro y Teresa** y hermanos, quienes por ello soy lo que soy, por su apoyo, consejos, por todo su amor, dedicación y paciencia, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Ya que ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, para hacer de mí una mejor persona.

A mis asesores **M. Sc. José Gerardo Salhuana Granados** y **Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez**, por la ayuda que me brindaron para la realización de esta tesis, por su apoyo, amistad, presencia incondicional, pero sobre todo por sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, el que en todo momento está conmigo, quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres y hermanos, por el esfuerzo que han hecho para que se realicen mis sueños, por ser siempre la fuente de confianza y formar realmente un núcleo en mi vida.

A mis asesores, por su paciencia colaboración y haber compartido sus conocimientos con mi persona para el desarrollo de la presente tesis. A mis amigos y familiares por la ayuda brindada, agradecerles de todo corazón por compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean.

ÌNDICE GENERAL

Contenido	Página
Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Ìndice General.....	4
Ìndice de anexos.....	6
Ìndice de tablas.....	7
Ìndice de figuras.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción del problema.....	12
1.2. Formulaci3n del problema.....	12
1.3. Justificaci3n.....	12
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo general.....	13
1.4.2. Objetivo especìfico.....	13
1.5. Hip3tesis.....	13
II. REVISI3N DE LITERATURA.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.2. Marco te3rico.....	16
2.2.1. Generalidades del pajuro.....	16
2.2.2. Descripci3n bot3nica y morfol3gica del pajuro.....	17
2.2.3. Clasificaci3n taxon3mica.....	18
2.2.4. Nombres comunes del pajuro.....	19
2.2.5. Maduraci3n fisiol3gica de la legumbre (pajuro).....	19

2.2.6. Composición nutricional de la semilla de pajuro.....	20
2.2.7. Papel de las proteínas.....	23
2.2.8. Necesidades de proteínas en la dieta.....	23
2.2.9. Anti nutrientes de las legumbres.....	23
2.2.10. Uso común y manejo industrial del pajuro.....	24
2.2.11. Generalidades de las harinas.....	25
2.2.11.1. Clasificación de las harinas en el Perú.....	26
2.2.11.2. Tipos de harina según su procedencia.....	27
2.2.11.3. Acidez en las Harinas.....	28
2.2.11.4. Métodos de análisis de acidez de harinas.....	29
2.2.12. El Análisis Sensorial.....	29
2.2.12.1. Evaluación sensorial.....	29
2.2.12.2. Pruebas orientadas al consumidor.....	30
2.3. Definición de términos.....	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Ubicación.....	32
3.2. Materiales.....	33
3.2.1. Materia prima.....	33
3.2.2. Equipos e instrumentos.....	33
3.2.3. Reactivos.....	34
3.2.4. Otros instrumentos.....	34
3.3. Tipo de investigación.....	34
3.4. Metodología.....	35
3.4.1. Obtención de la harina de semillas de pajuro(<i>Erytrina edulis</i>).....	36
3.4.2. Análisis proximal (bromatológico) de la harina de semillas de pajuro.....	40
3.4.3. Análisis fisicoquímicos de la harina de semillas de pajuro.....	48
3.4.4. Elaboración de galleta.....	55
3.4.5. Pruebas sensoriales.....	56
3.4.6. Análisis estadístico.....	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	59
4.1. Rendimiento de la harina de semillas de pajuro.....	59

4.2.	Evaluación proximal(bromatológico) de la harina de semillas de pajuro.....	60
4.3.	Evaluación fisicoquímica de la harina de semillas de pajuro.....	66
4.4.	Análisis sensorial de las galletas de harina de semillas de pajuro.....	70
4.4.1.	Análisis de prueba T para el color.....	70
4.4.2.	Análisis de prueba T para el olor.....	72
4.4.3.	Análisis de prueba T para el sabor.....	73
4.4.4.	Análisis de prueba T para la textura.....	75
V.	CONCLUSIONES.....	78
VI.	RECOMENDACIONES.....	79
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
Anexos.....		92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Procedimiento de elaboración de la harina de semillas de pajuro.....	92
Anexo 2:	Informe del análisis proximal (bromatológico) de la harina de semillas de pajuro.....	93
Anexo 3:	Determinación de porcentaje de harina de semillas de pajuro.....	94
Anexo 4:	informe del análisis microbiológico de la harina de semillas de pajuro.....	95
Anexo 5:	Ficha de recolección de datos	96
Anexo 6:	Evaluación de 30 panelistas para las cuatro variables en estudio.....	97
Anexo 7:	Evaluación sensorial de las galletas de harina de semillas de pajuro	98

ÌNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica del pajuro (<i>Erythrina edulis</i>).....	19
Tabla 2: Contenido de aminoácidos de semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>), comparado con otras leguminosas.....	22
Tabla 3: Rendimiento de algunos tipos de harina diferentes del trigo.....	25
Tabla 4: Escala hedónica de 5 puntos.....	30
Table 5: Información nutricional las galletas de pajuro (1 porción).....	56
Tabla 6: Rendimiento de harina de semillas de pajuro(100g).....	59
Tabla 7: Análisis proximal (bromatológico) de harina de semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) maduro y tiernas.....	60
Tabla 8: Análisis fisicoquímico de harina de semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) tierno y maduro.....	66
Tabla 9: Análisis de la prueba T para el color de las galletas	71
Tabla 10: Análisis de la prueba T para el olor de las galletas	72
Tabla 11: Análisis de la prueba T para el sabor de las galletas.....	74
Tabla 12: Análisis de la prueba T para la textura de las galletas	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vainas de pajuros	36
Figura 2: Semillas de pajuros.....	37
Figura 3: Proceso de rallado.....	38
Figura 4: Harina se semillas de pajuros.....	39
Figura 5: Proceso de determinación de Ph en harinas.....	48
Figura 6: Proceso de determinación de acidez en harinas.....	49
Figura 7: Proceso de determinación de densidad en harinas.....	50
Figura 8: Proceso de determinación de granulometria en harinas.....	76
Figura 9: Proceso de determinación de la I.A.A. e I.S.A. en harinas.....	52
Figura 10: Comparación de medias a través de la prueba T para el color de galletas	71
Figura 11: Comparación de medias a través de la prueba T para el olor de galletas	72
Figura 12: Comparación de medias a través de la prueba T para el sabor de las galletas.....	74
Figura 13: Comparación de medias a través de la prueba T para el sabor de las galletas.....	76

RESÚMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la caracterización y aceptabilidad de harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis Triana ex Micheli*) tierno y maduro, provenientes del Distrito de Jesús. Las semillas de pajuro fueron recolectadas y siguieron el siguiente proceso para la obtención de la harina: limpieza, lavado, cortado, secado, molienda y tamizado. Tanto la harina de semillas de pajuro tierno como maduro fueron caracterizados mediante análisis bromatológicos obteniendo valores de 10.11% y 9.83% de humedad, 2.47% y 2.42% de grasa, 4.07% y 5.86% de cenizas, 5.43% y 5.80% de fibra, 89.89% y 90.17% de carbohidratos, 19.06% y 18.19% de proteínas, respectivamente; y análisis fisicoquímico presentando valores de 6.16 y 5.43 de pH, 0.32% y 0.42% de ácido sulfúrico, 0.76g/ml y 0.68 g/ml de densidad, en granulometría se obtuvo 8g en tamiz de 150 μ m y 92g en tamiz de 180 μ m; 14g en tamiz de 150 μ m y 86g en tamiz de 180 μ m, 1.195 g g/gel y 0.994g g/g de IAA , 16.06% y 16.28% de ISA. A partir de la harina de semillas de pajuro se elaboró galletas que fueron evaluadas sensorialmente por panelistas no entrenados, y analizados estadísticamente mediante la prueba T. La galleta de harina de semillas maduras fue la más aceptada y preferida en sabor; mientras que en color, olor y textura no mostraron diferencias significativas entre ambas galletas. En conclusión, la harina de semillas de pajuro es una buena fuente de proteína vegetal para reducir los niveles de desnutrición en la población.

Palabras clave: *Erythrina edulis*, harina, galleta.

ABSTRACT

The present research aims to determine the characterization and acceptability of flour obtained from tender and mature pajuro (*Erythrina edulis Triana ex Micheli*) seeds, sourced from the Jesús district. The pajuro seeds were collected and underwent the following process to obtain the flour: cleaning, washing, cutting, drying, grinding, and sieving. Both tender and mature pajuro seed flours were characterized through bromatological analyses, yielding values of 10.11% and 9.83% moisture, 2.47% and 2.42% fat, 4.07% and 5.86% ash, 5.43% and 5.80% fiber, 89.89% and 90.17% carbohydrates, and 19.06% and 18.19% protein, respectively. Physicochemical analysis showed pH values of 6.16 and 5.43, 0.32% and 0.42% of sulfuric acid, and densities of 0.76g/ml and 0.68g/ml. In terms of granulometry, 8g and 14g were collected on a 150 μ m sieve, while 92g and 86g were collected on an 180 μ m sieve, resulting in 1.195 g/g of gel and 0.994g/g of IAA, with 16.06% and 16.28% of ISA. Cookies were made from the pajuro seed flour, which were sensorially evaluated by untrained panelists and statistically analyzed using the T-test. The cookies made from mature seed flour were the most accepted and preferred in taste, whereas in terms of color, smell, and texture, no significant differences were observed between the two types of cookies. In conclusion, pajuro seed flour is a good source of plant protein that can help reduce malnutrition levels in the population.

Keywords: *Erythrina edulis*, flour, cookie.

I. INTRODUCCIÓN

Estudios referentes a la salud del poblador peruano, reportan que existe 44.7% de desnutrición en la población rural y 16 % en la zona urbana (ENDES, 2009); porcentajes con repercusión, principalmente en el desarrollo del coeficiente intelectual del niño; que puede ser solucionado a través de programas de alimentación, incorporando a la dieta diaria recursos naturales ancestrales como las semillas del pajuro (*Erythrina edulis*); que contiene 25 % de proteína por cada 100 de legumbre (Vargas, 2013), siendo superior a la del frijol, lenteja, arvejas y garbanzo (Morales, 2007). El porcentaje de proteína como valor biológico del pajuro es 70.9%, mayor que la lenteja que es de 44%, frijol 58% y arveja de 63.7% (Acero, 2002).

Las semillas del pajuro como leguminosa de grano, no tiene preferencia de consumo por el poblador de la provincia de Cajamarca, aunque esporádicamente es consumido por el poblador rural de los distritos de Jesús y Namora y en algunos sectores del distrito de Ichocan de la provincia de San Marcos.

Las semillas de esta leguminosa de árbol, en Colombia es considerada como uno de los mejores alimentos milenarios, debido al contenido proteico que presenta, constituyendo verdadero complemento nutricional junto con cereales y tubérculos andinos (Arango *et al.*, 2012). El auge de las proteínas vegetales impulsa avances en técnicas de extracción y mejora para su uso en la alimentación humana, debido a su abundancia y menor costo que las proteínas animales. Se espera un aumento en la disponibilidad de nuevas fuentes proteicas vegetales y en su transformación para aplicaciones alimentarias específicas, así como mejoras en cualidades funcionales, nutricionales y organolépticas, junto con la reducción de costes (Mondor *et al.*, 2004)

Es importante, que las semillas de pajuro como alimento milenario ignorado por la mayoría de la población peruana recobre su importancia a través de modelos de alimentos, consecuencia de la investigación científica. Esta es la razón por lo que organizamos desarrollar la presente investigación que tiene por objeto elaborar un producto una harina, a partir de la semilla de pajuro (*Erythrina edulis*), que tiene alto contenido nutricional, y de esta forma sea una ventana para futuras investigaciones, innovando con nuevos productos hechos a base de la semilla de pajuro, asimismo aportar a la nutrición y alimentación de la sociedad de Cajamarca y del Perú.

1.1. Descripción del problema de la investigación

Actualmente existe un nivel alto de desnutrición en el poblador peruano, debido a la falta de conocimiento de la calidad nutritiva de los productos agrícolas andinos como las semillas de pajuro que contiene 70.9% de proteína; mayor al contenido proteico de arveja (*Pisum sativum*) 63.7 %, frijol (*Phaseolus vulgaris*) 58%, lenteja (*Lens sculenta*) 44%, y garbanzo (*Cicer arietinum*) 22%.

Conociendo la deficiente nutricional alimenticia del poblador rural y urbano en diferentes sectores de las regiones de nuestra patria; existe el interés de instituciones públicas y privadas como las universidades; en donde se están realizando trabajos de investigación que tengan que ver con la mejora alimenticia del poblador; proporcionando recetas de contenido nutricional utilizando productos en fresco y procesados.

Teniendo en cuenta los escritos que anteceden, organizamos realizar la presente investigación, a través del cual procesaremos las semillas de pajuro, convirtiéndolo en harina que constituya ingrediente básico en la formulación de alimentos para la dieta diaria.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la caracterización y aceptabilidad de la harina de semillas de pajuro (*E. edulis*)?

1.3. Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación tiene como objetivo teórico redescubrir el pajuro para difundir información sobre sus beneficios nutricionales entre profesionales de alimentos y la población en general. Se propone utilizar la semilla de pajuro en forma de harina como alternativa nutricional y económica que puede sustituir parcial o completamente a otros tipos de harina. El estudio busca consolidar y mejorar la demanda en el mercado, aumentando la producción y beneficiando la calidad de vida de los habitantes de las regiones donde se cultiva esta leguminosa.

A nivel social, se busca evitar su extinción promoviendo los beneficios nutricionales del pajuro, formulando alternativas culinarias novedosas a partir de esta leguminosa para que futuras generaciones puedan beneficiarse de este alimento. También podría ser empleado como una alternativa de alimentación para personas que tienen un régimen vegano por su aporte de proteína vegetal y podría ser una alternativa para personas con enfermedades celiacas.

A nivel práctico, tiene el propósito de promover su consumo mediante diversas técnicas culinarias ya que los consumidores demandan no solo de alimentos en fresco, de calidad, higiénicos y seguros, sino también muestran interés en nuevas presentaciones de los alimentos con beneficios que puede tener para la salud, por lo que se ha tomado la semilla de pajuro para la elaboración de harina, que permitirá el consumo de una alternativa de alimentación.

Para el desarrollo de este proyecto contamos con 10 kg de pajuro maduro y 10 kg de pajuro tierno en vainas, suficientes para poder realizar este estudio y generar un producto con nuevas características; los reactivos y laboratorios que se están utilizando son facilitados por el laboratorio de Industrias Alimentarias y Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias; lo que facilita el desarrollo de la investigación; con respecto al asesoramiento cuento con el apoyo de ingenieros capacitados para realizar las pruebas necesarias y solucionar el problema que se ha planteado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar la caracterización y aceptabilidad de harina de semillas pajuro (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el análisis bromatológico de la harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*).
- Determinar el análisis fisicoquímico de la harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*).
- Efecto de la harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*) maduro y tierno en la elaboración de galletas.

1.5. Hipótesis

La harina de semillas de pajuro (*E. edulis*), presenta características bromatológicas y fisicoquímicas aceptables en la elaboración de galletas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Internacionales

En una investigación en Medellín, Colombia con el objetivo de caracterizar harinas alternativas de vegetales libres de gluten como; lenteja, fríjol, garbanzo, chachafruto, plátano, corteza de piña, pimentón, ahuyama, brócoli y champiñón. Las materias primas fueron obtenidas en diferentes mercados agropecuarios de la ciudad de Medellín. Se realizó análisis bromatológicos, evaluaciones morfológicas, análisis térmico, índice de solubilidad y absorción, capacidad de retención e hinchamiento y prueba de extensibilidad. Los resultados de análisis proximal del pajuro fueron: 19,3% de proteína, 3,3% humedad, 3,7% cenizas y 73,4% carbohidratos. Según sus características morfológicas los gránulos de almidón del chachafruto son de 55,6 μm , de forma circular, hilum céntrico y superficie estriada. Respecto a su caracterización térmica el % de humedad presenta 3,30 % y la temperatura pico es 51,30°C. Finalmente, se concluye que las harinas analizadas podrían ser buenas alternativas para procesos de panificación respecto a sus valores nutricionales como en el contenido de proteína, carbohidratos y energía (Umaña *et al.*, 2013). Entonces, no solo el trigo u otros cereales pueden ser utilizados en la panificación, sino también otros vegetales existentes en el mundo, entre ellas el pajuro.

En una investigación de chachafruto de obtención de extracto proteico, realizado en Nariño, Colombia; obtuvieron 62% de extracto en una hora, y una relación de harina/solvente 1g/ y 40ml. Determinando 8.37% de humedad, mediante la técnica solubilidad; 18,4% de proteína, utilizando el método de kjeldahl; y otras sustancias como gluteinas y albuminas; logrando un alto valor biológico de las semillas de chachafruto (Arango *et al.*, 2012); Por tanto, se demuestra que es posible obtener proteínas de alto valor biológico a partir de las semillas del pajuro, las cuales podrían tener múltiples aplicaciones en la industria de alimentos.

La harina de chachafruto puede ser utilizada efectivamente como un sustituto de la harina de trigo, debido a que los resultados obtenidos muestran que las mezclas con otras harinas libres de gluten como la harina de amaranto, harina de arroz, favorecen la fabricación de galletas, pues se evidencian características tecnológicas similares a las galletas elaboradas a base de harina de trigo en cuanto a color y textura aportando además un valor nutricional considerable (Silva,

2020). Por lo tanto, no solo la harina de trigo (gluten) sirve para hacer galletas, sino también las harinas libres de gluten, como la harina de pajuro, siendo un buen sustituto para el consumo de personas celiacas.

Al Realizar un estudio en Medellín, Colombia se tuvo como objetivo examinar la inclusión de la harina de chachafruto (pajuro) en la elaboración de un pastel y evaluar sus propiedades sensoriales. En la formulación de los pasteles se utilizó cuatro proporciones de harina de chachafruto y trigo, muestra 4: 85% y 15%; muestra 3: 70% y 30%; muestra 2: 55% y 45%; muestra 1: 40% y 60%; respectivamente; muestra 0: 100% trigo (testigo). La evaluación sensorial fue desarrollada con 20 catadores entrenados, ellos evaluaron sabor, color, olor y textura de los pasteles en una unidad muestra de 60 g. Los resultados muestran el sabor de la prueba (muestra 4) 85% y 15% es aceptable; el olor más aceptable fue la prueba (muestra 1) 40% y 60%; en el color no se encontró diferencias significativas (muestra 2) 55% y 45%, y respecto a la textura no se encontró diferencias significativas Finalmente la prueba (muestra 4) 85% y 15% presentó puntuaciones iguales al tratamiento testigo. En conclusión, la proporción mejor valorada por los catadores por el sabor y textura fueron la combinación 85% chachafruto (*Erythrina edulis*) y 15% trigo. Respecto al color no se encontró diferencias significativas y el olor presentó una percepción característica la cual es muy marcada en los pasteles elaborados a partir de esta harina (Argot y Villada, 2005). Demostrando así que la harina de pajuro tiene mejor aceptabilidad respecto a la harina trigo, por tal motivo se realizó la galleta de harina de semillas de pajuro.

Nacionales

El análisis proximal de semillas de pajuro contienen 87.20 % de humedad, 1.64 % de grasa, 11.59 % de ceniza, 1.42 % de fibra, 50.08 % de carbohidratos, 35.27 % de proteína; en cambio la harina contiene 2.57 % de humedad, 0.89 % de grasa, 5.84 % de ceniza, 6.25 % de fibra, 69.89 % de carbohidratos y 17.13 % de proteína; este conocimiento permitió realizar tres bebidas proteicas con sabor a chocolate, determinándose que, la bebida de mayor aceptación estaba compuesto por 3 gr de harina de pajuro, 8 gr de leche en polvo, 4 gr de azúcar en polvo, 0.6 gr de pectina y 0.75 gr de cacao en polvo en 100 ml de agua (Espinoza, 2018). Por consiguiente, la harina de pajuro tiene aceptación en varias preparaciones, como también muestra su alto contenido en proteínas, siendo viable para mejorar la calidad de vida, por tal motivo se analizara la harina de pajuro.

En un estudio de eliminación de compuestos químicos no deseables para la nutrición humana, que por naturaleza contienen las semillas de pajuro; éstos se lograron eliminar a través de cocción al vapor y la presión térmica respectiva; obteniendo un producto de aceptabilidad para la mayoría de personas sometidas al ensayo, haciendo uso del método de Friedman (Sánchez *et al.*, 2019). Por lo tanto, existen alternativas para la eliminación de antinutrientes, dándole valor agregado al producto obtenido, en este caso la harina de semillas de pajuro, mejorando su aceptabilidad.

En un estudio al determinar la aceptabilidad del pajuro (*Erythrina edulis*) por los profesionales de alimentos en preparaciones culinarias para consumo humano, donde para la obtención de la harina precocida de pajuro se usó las semillas del departamento de Cajamarca, previamente seleccionadas, las cuales fueron sometidas a cocción, secado y molido. La harina fue incorporada en siete preparaciones culinarias como crema de pajuro, tortilla de verduras con pajuro, pastel de papa con pajuro, galletas de pajuro, alfajor de pajuro, flan de zapallo con pajuro y bebida de quinua y pajuro; siendo la más aceptable y de mejor preferencia fue la bebida de quinua y pajuro. Seguidamente, respecto a la evaluación sensorial, según color, olor y textura, la preparación flan de zapallo con pajuro fue muy aceptable. Por otro lado, la bebida de quinua y pajuro, cuanto al sabor, fue muy aceptable (Alarcón y Tarazona, 2016). Por consiguiente, la harina de semillas de pajuro es utilizado en varias preparaciones, demostrando aceptabilidad, por tal motivo se realizó la harina de semillas de pajuro, siguiendo el proceso de esta investigación.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Generalidades del pajuro

Existen 112 especies de la familia Fabáceae, categorizadas entre árboles y arbustos (Escamilo, 2012; Takhtajan, 2009), destacando al pajuro como única especie que produce semillas comestibles; crece y desarrolla en andes de Colombia, Uruguay y Perú (Naranjo, 2011).

En nuestra patria prospera, en los valles interandinos desde los 900 a 3200 msnm; conformando el ecosistema de Cajamarca, Amazonas, Loreto, Áncash, Huánuco, Pasco, Junín, Ayacucho, Cuzco, Apurímac, La libertad y Madre de Dios (López, 2017 y Escamilo, 2012). Se tiene conocimiento que esta especie fue cultivada por los incas y pobladores de la América

precolombina (Zabaleta *et al.*, 2010) llamado frejol del inca, cuyo consumo proporcionaba vigor y longevidad (Roca, 2014 y Araujo, 2005)

Este árbol, en la plenitud de su desarrollo mide de 8 m a 14 m de alto; con diámetro de tronco de 24 cm a 47 cm. Desde estado de planta joven a adulto se caracteriza por presentar espinas en el tejido cortical y en el envés de las nervaduras. Los frutos son vainas de 32 x 33 cm de longitud con seis semillas, cuyo peso de éstas representa el 50 % del peso total de la vaina. Las semillas tienen la forma de frejol gigante, de 5.2 a 2.5 cm de longitud promedio, de color rojo a marrón oscuro, también hay de color amarillo, pero no es muy agradable (Roa, 2004).

Un árbol maduro produce entre 160-195 Kg de frutos; un kilogramo de semillas frescas está conformado por 150 unidades; en cambio, un kilogramo de semillas secas lo conforman 280 unidades (Vargas, 2013); no es recomendable aprovechar semillas de frutos caídos; debido a que muestran el ataque de insectos, infecciones por microorganismos daños mecánicos que conducen a infecciones en el consumidor humano (Acero, 2002; Avendaño y Castillo, 2014).

Crece en zonas húmedas con lluvias anuales superior a 1400 mm de precipitación, por lo que se podría asociar al cultivo de cafeto (*Cofea arabiga*), (Acero, 2002; Ruiz *et al.*, 2012)

Conociendo las bondades de esta especie, el uso como alimento se ha olvidado (Hernández, 1994); aún no se aprovechan una serie de propiedades, como la fijación de nitrógeno, longevidad y rusticidad de su cultivo, razón por lo que no requiere de tratamiento fitosanitario, controla la erosión del suelo, se adapta a terrenos áridos, soporta largos períodos de sequía, proporciona néctar de sus abundantes flores, entre otras cualidades (Escamilo, 2012).

Los productos andinos que proporcionan proteína, aminoácidos a excepción de Triptófano son la quinua (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*, *A. tricolor*, *A. viridis*) y el pajuro (Roa 2010).

2.2.2. Descripción botánica y morfológica del pajuro

2.2.2.1. Descripción botánica del pajuro

Género: La palabra pajuro deriva del griego Erythros, refiriéndose al color rojo de sus flores (Leyva y Perez, 2015).

Especie: Edulis hace mención a que es apto para el consumo humano (Bonilla, 2014).

2.2.2.2. Descripción Morfológica del pajuro.

Fenología de la flor: El pajuro florece durante los meses de noviembre hasta abril, y empieza la maduración en los meses de marzo hasta agosto, dejando su follaje paulatinamente al final del florecimiento (Bonilla, 2014).

Árbol: El tronco crece entre 8 a 14 metros con un diámetro de 24 a 69 cm, compuesta por ramas y espinas (Bonilla, 2014).

Hojas: Constituida por espinas en los pecíolos y nerviaciones de color verde claro entre 10 a 20 cm por 5 a 15 cm de ancho; los pedicelos miden de 3 a 8 mm de largo, los folíolos son completos y compactos de estructuras ovaladas (Pradera, 2008).

Flores: Está presentado como rojo anaranjado, miden de 2.8 cm por 1.2 cm, de forma zigomorfas y formadas en racimos de hasta 45 cm de longitud con 190 flores aproximadamente (Vargas, 2014).

Vaina: Contiene semillas sueltas y prietas pegadas a la vaina.

Fruto: Esta leguminosa mide de 32 cm hasta 55 cm de longitud por 3.3 cm de ancho y comprenden de 6 semillas con estrías (Vargas, 2014) (Pradera, 2008) tiene consistencia harinosa de colores rojo, blanco, de sabores dulces amargas (Hernández, 2002).

Semillas: Las semillas posee apariencia de un frijol grande arriñonado y de consistencia carnosa, con una medida de 2 cm a 5.2 cm de largo por 2.5 cm de ancho; su cáscara es de color rojo oscuro, y amarillo (Vargas, 2014); en estado tierno, de color café cuando ya están maduras.

2.2.3. Clasificación taxonómica

La clasificación del pajuro (*erythrina edulis*) se muestra en la tabla 1, según los autores (Takhtajan, 2009; Araujo, 2005)

Tabla 1

Clasificación taxonómica del pajuro (Erythrina edulis)

Reyno	Plantae
División	Magnoliopsida
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Erythrina</i>
Especie	<i>E. edulis</i>

Nota: (Takhtajan, 2009; Araujo, 2005)

2.2.4. Nombres comunes del pajuro; según Gómez (2012).

Venezuela, se lo conoce como, chachafruto, frijol mompás, nopás y bucaré.

Ecuador, lo llaman pashurro, pashullo, poroto, porotón, pisonay, pajuro, guato, sachaporoto, frijol de monte, cañaro, camporoto, zapote de cerro y la etnia Cañari le llama Kañaro.

Colombia: chachafruto, balú, baluy, basul, chaporuto, sachafuto, frijol de árbol, frijol nopaz, nupo, habijuela, guimo, poruto y sachapuruto.

Bolivia: sachahabas

Perú: pajuro, basul, antiporoto, pashuro, pisonay, pashigua, pasugua, sachaporoto, pisonay, pajuro, frejol gigante y chachafruto

2.2.5. Maduración fisiológica de la legumbre (pajuro)

La maduración fisiológica de las legumbres es el proceso natural mediante el cual las semillas alcanzan su completo desarrollo y madurez dentro de las vainas; incluyendo varios cambios bioquímicos y físicos que preparan las semillas para la dispersión y la germinación (Zavala *et al.*, 2015). A continuación, se describen algunos aspectos clave de la maduración fisiológica de las legumbres:

- 1) **Desarrollo de la semilla:** Durante la maduración fisiológica, las semillas experimentan un aumento en tamaño y peso a medida que se acumulan nutrientes, como almidones y proteínas.
- 2) **Cambio en el contenido de agua:** A medida que las semillas maduran, generalmente el contenido de agua disminuye, lo que es crucial para su almacenamiento a largo plazo y resistencia a condiciones adversas.
- 3) **Color y textura de la vaina y semillas:** Las vainas cambian de color y textura a medida que maduran, volviéndose más secas y quebradizas. Las semillas también pueden cambiar de color y consistencia, indicando su estado de madurez.
- 4) **Acumulación de nutrientes:** Durante la maduración, las semillas acumulan nutrientes esenciales como proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, alcanzando su máximo potencial nutritivo antes de la cosecha.
- 5) **Desarrollo de la resistencia a la germinación:** Las semillas maduras desarrollan una capa protectora o estructuras que impiden la germinación prematura antes de que las condiciones sean favorables para el crecimiento de una nueva planta.

2.2.6. Composición nutricional de la semilla de pajuro.

Cada 100 g de semilla fresca de pajuro contiene de 51 a 52% de carbohidratos; 21 a 25%, de proteína y 80,5 ml de agua, además aporta isoflavonoides, fitoestrogenos y lectinas. (Jyothirmayi *et al.*, 2006), el fruto de pajuro sin procesar contiene 29.53g de proteína a diferencia del fruto de pajuro procesado en harina que posee 20.02g de proteína y en pasta de pajuro solo el 12.90g (Zavaleta *et al.*, 2010).

Existen reportes referentes al contenido de proteína en las semillas de pajuro sin testa (cáscara) que es de 20 a 25 % y con testa es de 23 a 40 %, este mismo porcentaje se encuentra las hojas (García, 2008; Jurado *et al.*, 2010; Zavaleta *et al.*, 2010). La grasa cruda en semillas de pajuro sin testa es de 1 a 2 % y con testa es de 1 a 6 % (Arango *et al.* 2012; Acero 2000 y Sadowska *et al.* 2003). El porcentaje de ceniza en semillas de pajuro sin testa varía de 1.2 a 2 % y en semillas con testa es de 2 a 3.5 % (Sadowska *et al.*, 2003 y Von Humbolt, 2003). La fibra cruda en semillas de pajuro sin testa varía de 1 a 1.8 % y en semillas de pajuro con testa es de 3 a 23 % (Roa, 2004 y Zavaleta *et al.*, 2010). El porcentaje de carbohidratos en semillas de pajuro

sin testa es de 42 a 55 % y en semillas de pajuro con testa es de 20 a 40 % (Ortega *et al.*, 1990; Natalia & Castañeda, 2014).

La variación del porcentaje de proteína reportados por los investigadores, se debe a que provienen de diferentes laboratorios, y posiblemente correspondan a diferentes variedades generadas naturalmente en diferentes lugares de los andes de Sur América. En las investigaciones realizada por Zavaleta *et al.*, (2010), reporta que 100 g de semilla de pajuro contiene de 19 a 29 % de proteína y que ésta es de cuatro tipos: albumina 11.52 %, globulina 8.83 %, prolamina 0.01 % y glutelina 1.29 %; además, presenta un valor biológico de 70.9 a 90% de mejor calidad, a diferencia de las arvejas con 63.7%, frijoles 58% y lentejas con 44%.

Las semillas de pajuro fresco contienen 78.53 % de humedad, 21.47 % de sólidos totales y 29.53 % de proteína. Esta semilla preparada en pasta contiene 68.35 % de humedad, 31.65 % de sólidos totales y 12.90 % de proteína. Las semillas en harina contienen 11.73 % de humedad, 88.27 % de sólidos totales y 20.02 % de proteína (Zavaleta *et al.*, 2010)

El pajuro, como toda legumbre, es deficiente en metionina y triptófano (Tabla 2). Para hacer de esta legumbre un alimento completo en aminoácidos, se propone realizar preparaciones culinarias con cereales como el maíz, arroz, avena y semilla de sésamo; pero es eficiente en proteína conteniendo 18 – 32%; distribuidas 27% en cotiledones, 47% en el embrión, 4.8% en la testa y 21.2% dispersos en la semilla (Pérez 2011).

Tabla 2

Contenido de aminoácidos de semillas de pajuro (Erytrina edulis), comparado con otras leguminosas

Aminoácido	Pajuro	Frijol	Arveja	Soya	Haba
Lisina	6.91	6.24	6.96	6.38	6.46
Histidina	5.38	2.5	2.38	2.53	2.37
Treonina	5.84	3.87	3.58	3.86	3.36
Valina	5.57	4.62	4.08	4.8	4.4
Metionina*	1.31	1.17	0.88	1.26	0.74
Isoleucina	5.2	3.73	3.2	4.54	4
Leucina	8.24	6.51	6.37	7.78	7.09
Fenilalanina	4.99	4.72	4.22	4.94	4.32
Triptófano*	0.66	0.56	0.74	1.28	ND
Tirosina	5.5	2.7	3.34	3.14	3.2
Arginina	5.63	5.87	9.46	7.23	8.9
Ácido Aspártico	19.47	11.1	11	11.7	11.2
Serina	5.71	5.57	4.75	5.12	4.48
Ácido Glutámico	11.42	16.2	18.4	18.7	15
Prolina	5.25	3.97	3.87	5.45	3.98
Glicina	5.44	3.31	4.14	4.18	4.13
Alanina	7.73	3.74	4.18	4.26	4.14

Nota. Esta tabla muestra la comparación de la cantidad de aminoácidos que presenta las leguminosas con respecto al pajuro (*Erytrina edulis*); mostrando que la erytrina edulis presenta porcentajes más altos de aminoácidos respecto a las demás leguminosas. Tomado de Tingal 2019.

2.2.7. Papel de las proteínas

El papel de las proteínas de los alimentos es suministrar aminoácidos necesarios para la biosíntesis de éstas en el ribosoma de las células de los tejidos que conforman los órganos vitales de todo ser vivo. En la nutrición humana parte de ellas interviene en la renovación de los tejidos y el desarrollo de los órganos en crecimiento. El exceso no consumido para la biosíntesis proteica se usa como alimento calórico y el nitrógeno (N) se excreta en forma de urea por la orina (MedlinePlus, 2023; FAO, 2024).

Los aminoácidos que conforman las proteínas dependen de las células de los tejidos donde se sintetizan, regidos por principios genéticos y están en número limitado. Las propiedades y funciones de los diferentes tipos de proteína dependen de la secuencia de los aminoácidos que lo conforman (Coultate, 2002).

2.2.8. Necesidades de proteínas en la dieta.

Las proteínas son necesarias para la formación y renovación de los tejidos, principalmente en los periodos de crecimiento y desarrollo de todo tipo de organismo. Los organismos en estado adulto, mantienen en equilibrio dinámico la degradación y regeneración de proteínas, cuya composición permanece constante (MedlinePlus, 2023; FAO, 2024).

Las legumbres ocupan un lugar importante en la nutrición humana de la población mundial; por aportar proteínas y carbohidratos de liberación lenta. Después de la cocción se libera elementos minerales disponibles para la nutrición, debido a que se inactivan enzimas inhibitoras y hemaglutininas (Tharanathan y Mahavedamma, 2003).

2.2.9. Antinutrientes de las legumbres

Es necesario considerar que existen antinutrientes tales como inhibidores de tripsina, hemaglutininas, ácido fítico, lecitinas y sustancias bociógenas, en las legumbres, estos elementos perjudican el metabolismo y producen efectos gastrointestinales como el exceso de gas, dolor abdominal y otros (O Soetan, 2009). Para reducir eficazmente los niveles anti nutricionales es necesario hervir o asar las leguminosas, sin embargo, un excesivo calentamiento puede destruir aminoácidos o vitaminas, también puede causar daños irreversibles a las proteínas, disminuyendo la calidad nutritiva de la semilla (Goyoaga, 2005).

a) Lecitina, son proteínas que se unen de forma específica a los azúcares y que se encuentran en cantidades considerables en las plantas; de preferencia se los encuentra en

legumbres, semillas y frutos secos. El consumo en exceso es tóxico para el humano; por lo que debe ser cocido por espacio de 10 minutos a 100 °C, para desnaturalizarlo. (Methods in Molecular Medicine 1998).

b) Ácido fítico, los fitatos son capaces de unirse a minerales, como el calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), magnesio (Mg) e impedir su correcta absorción intestinal durante la digestión, además de dificultar la actividad de ciertas proteínas a nivel corporal. Estos compuestos se encuentran en mayor cantidad en legumbres, frutos secos, semillas y en las plantas en general; además mantienen sus propiedades de función, incluso expuestos a altas temperaturas (González, 2020).

Estudios de nutrición con dieta rica en fitatos, en individuos con alimentación balanceada no se ha detectado déficits de los minerales antes mencionados; por lo que se requiere cantidades apreciables de este antinutriente, para tener efectos perjudiciales en la salud (*Molecular Nutrition and Food Research* , 2009). El problema de los fitatos cobraría importancia de malnutrición, cuando los individuos son deficientemente alimentados, como es común la falta de vitaminas y minerales (González, 2020).

2.2.10. Uso común y manejo industrial del pajuro

Frutos y semillas de pajuro, son económicamente importantes en la elaboración de alimentos (Umaña *et al.*, 2013); al ser transformado en harina, y por su riqueza en almidón; se usa en panificación (muffin, postres, galletas, panetones, dulces), fritos, encurtidos, potajes y concentrados (Silva, 2015); con mayor valor nutricional (Vargas, 2013).

El pajuro es una alternativa para sustituir al tubérculo de la papa en la industria del pollo a la brasa, dada a la similitud en sabor y textura, cuando éstos escasean o simplemente para ofrecer a los consumidores otras opciones, pero con un aporte del 23-25 % de proteínas, frente a 10-12 % que posee la papa (Rojas *et al.*, 2022)

Asimismo, los frutos del pashul se puede obtener productos con valor agregado, como zumos, destinados especialmente para las personas veganas o quienes tiene rechazo a la lactosa. Además, las hojas son usado en la medicina tradicional como regulador de la función renal, hipotónica y osteoporosis (Ceroni Estuvo, 2003; Zavaleta *et al.*, 2010); y también para tratar los efectos del sobrepeso como “baño María” o sauna para salvar a las parturientas (Rojas *et al.*, 2022)

Estudios realizados en la Universidad de Antioquia – Colombia, demostraron que las harinas provenientes de leguminosas como el pajuro y la soya, superan en proteína a la harina de trigo, convirtiéndose de esta manera en sustituto de carne (Vera, 2007)

2.2.11. Generalidades de las harinas.

A las harinas se define como el polvo que resulta de la molienda de productos agrícolas como cereales, tubérculos, raíces, leguminosas (González y Pazvergara, 2016) y otros que reúnan características apropiadas para ser utilizadas en el consumo humano; teniendo en cuenta la rigurosidad de Norma Técnica Peruana (NTP) 205.040 y 205.0.43.

Es el producto obtenido de la molturación del grano del cereal y constituido fundamentalmente por el endospermo, con una granulometría tal que el 90 por cien de sus partículas pase a través de un tamiz de 180 micras de luz de malla, a excepción de la harina de trigo morena, en que pasa el 80 por ciento de las partículas (MAPAMA, 2016).

El porcentaje de rendimiento de las harinas sucedáneas, está en relación a su composición química en fresco como se muestra en la tabla 3; reportándose que el pijuayo (*Bactris gasipaes*) tiene 36.6 %, papa (*Solanum tuberosum*) 19.5 %, pituca (*Colocasia esculenta* L.) 25.8 %, maca (*Lepidium meyenii*) 30 %, yuca (*Manihot sculenta*) 19 %, habiéndose encontrado una variedad promisoriosa con 95 % de rendimiento, aunque en las más comunes el rendimiento oscila entre 12 % y 14 % (Bernaes, 2002).

Tabla 3

Rendimiento de algunos tipos de harina diferentes del trigo

Producto	Rendimiento (%)
Trigo	56.00
Pijuayo	36.60
Pajuro	35.01
Maca	30.00
Pituca	25.80
Papa	19.50
Yuca	19.00

Nota: tomado de Bernales (2002).

Para que las harinas tengan uso común en la alimentación humana depende de la humedad, proteína, ceniza, grasa, carbohidratos, acidez total, pH, granulometría (Bernales, 2002).

Las harinas, en las industrias alimentarias tienen usos variados; siendo la más utilizada la harina de trigo por sus propiedades en la elaboración de panes y pasta, pero también existe las harinas sucedáneas con múltiples aplicaciones en la industria de elaboración de galletas, pasteles y pastas alimenticias; así también, indica para la elaboración de galletas en gran parte depende de la selección del tipo de harina con las características apropiadas para extender y en caso de las galletas para crujir, así también señala que parte del empleo de dextrosa y jarabes de glucosa, como agentes edulcorantes en confitería, las harinas y los almidones modificados se utiliza también en la fabricación de varios tipos de dulces como grageas, gelatinas, toffes, dulce, faudants y deliciosas turcas.(Bernales, 2002)

2.2.11.1. Clasificación de las harinas en el Perú – Chapela, 2022

- **Harinas 0:** son las harinas de gran fuerza, es decir, que tienen una alta cantidad de proteínas (<13%), por lo que se usa en la repostería para hacer preparaciones enriquecidas con grasas o azúcares. Son, también, las menos refinadas, por lo que pueden tener más impurezas o partes del grano que se usó.
- **Harinas 00:** se tratan de las harinas de media fuerza, con una cantidad importante de proteínas (sobre el 12%), lo cual repercute en la formación del gluten. Se usan para preparar panes, por lo que el gluten permite esa característica de elasticidad que ayuda a que crezca de forma uniforme mientras es horneado, sin que se deforme. También es el tipo de harina que se suele usar en las pastas.
- **Harinas 000:** El porcentaje de proteína está entre un 10 y un 11%, son excelentes para preparar panes y otros alimentos en los que se usa levadura porque retienen muy bien los gases. Además, la harina 000 es la que se usa frecuentemente para preparar pizzas.
- **Harinas 0000:** son las harinas débiles o flojas (proteínas de 7 a 9%), es decir, las más refinadas y con menos impurezas. No absorben mucha agua y tampoco tienen una gran cantidad de gluten. Es el tipo de harina que se usa normalmente en las preparaciones de repostería, como galletas, pasteles o para hacer hojaldres.

2.2.11.2. Tipos de harina según su procedencia.

A. Harinas convencionales

Las harinas convencionales son obtenidas a partir de diferentes fuentes: trigo, derivados del maíz, soya y almidón de papa (Guevara Núñez, 2021). La molienda tiene como finalidad básica la obtención de harina a partir de los granos para la fabricación de pan, pastas alimenticias, galletas (Dini *et al.*, 2012).

B. Harinas no convencionales

Las harinas no convencionales son productos obtenidos de fuentes diferentes y poco explotadas; con la finalidad de enriquecer o mejorar la calidad del producto elaborado como por ejemplo panes, mazamorras, en productos cárnicos (salchichas); estas harinas provienen de fuentes, vegetal como: zapallo (*Curcubita maxima*), aislado de proteína de alverja (*Pisum sativum*), de arroz (*Oriza sativa*), quinua (*Chenopodium quinoa*), cáscara de uva (*Vitis vinifera*), de zanahoria (*Daucus carota*), de remolacha (*Beta vulgaris*), también se obtienen de hongos como seta Enoki (*Flammulina velutipes*), de insectos como larvas de gusano o pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) y de legumbres como arvejas (*Pisum sativum*), lentejas (*Lens culinaris*), garbanzos (*Cicer arietinum*) (Guevara Nuñez, 2021)

a. Harinas de legumbres

Las harinas de las legumbres han cobrado importancia en la actualidad, debido a que son utilizadas ampliamente en la industria alimentaria, aportando a la caracterización nutricional contenido proteico o mejorando sus propiedades organolépticas.

Estas se definen como polvos obtenidos directamente de la molienda de los granos, que en algunos casos antes de dicho proceso pueden ser escaldados (para inactivar enzimas indeseables) o son sometidos a remojo y cocción (para eliminar buena parte de las sustancias antinutritivas presentes en las legumbres). Posteriormente, los granos son secados, para luego ser molidos. Una vez terminado este proceso, los polvos obtenidos son tamizados para desechar partículas no deseables o de tamaño diferente (Torres *et al.*, 2014). Las legumbres que pueden ser utilizadas en alimentación humana y animal revisten una especial importancia nutritiva y económica debido a su presencia en la alimentación de millones de personas de todo el mundo (FAO, 2015)

La harina de la semilla de chachafruto presenta 22,82% de proteína siendo mayor a la harina de quinua y trigo (Delgado y Albarracín, 2012)

Al analizar la harina de dos variedades de *Erythrina Edulis* (Rojo y Amarillo) se encontró que la humedad de la harina del morfotipo rojo resulto significativamente mayor que la harina del morfotipo amarillo. Además, la harina proveniente de la muestra de *Erythrina Edulis* rojo aporta más ceniza, grasa cruda y proteínas que el amarillo, mientras que la deficiencia de este último en los macronutrientes nombrados se ve compensada por una mayor cantidad de carbohidratos y almidón (D'Amore, 2016)

En un estudio reportado por Arango *et al.*, (2012) comenta que la harina de chachafruto obtenida de la molienda presento un 18,4% de proteína en base seca, el autor compara dicho resultado con el reportado por Barrera (2002) debido a que es último autor reporta un porcentaje de proteína del 23% para la harina de chachafruto y comenta que la diferencia en el porcentaje puede atribuirse a muchos factores tales como el método de extracción usado, el contenido de humedad de la harina o las condiciones agronómicas del cultivo. Sin embargo, reporta que el resultado de su investigación coincide con lo reportado por Pérez y otros (1979) quienes mencionan que el contenido de proteína de la harina de este alimento se encuentra en un rango de 18-21%.

2.2.11.3. Acidez en las Harinas

El análisis de acidez en las harinas, impide la proliferación de microorganismos como bacterias y hongos (Postcosecha *et al*, 2016); esta acidez, se debe a la presencia de ácidos orgánicos, sales presentes en ácidos fuertes y bases débiles y otros minerales (Valdiviezo, 2019)

La acidez en las harinas se determina haciendo uso de alcohol de 96 grados, producto que permite la solubilidad de los ácidos grasos y haciendo uso del agua, para solubilizar la presencia de fosfatos ácidos, teniendo en cuenta el grado de extracción presente en la harina (De Rivero, 2015)

La Norma Técnica Peruana 205.027, la acidez máxima de la harina de trigo integral es de 0,22%, semi-integral de 0,18, popular, 0,16 extra 0,15 y especial 0,10 respectivamente expresadas como porcentaje de ácido sulfúrico.

2.2.11.4. Métodos de análisis de acidez de harinas.

Son métodos sencillos que evidencian la pureza en los alimentos (Silva, 2008). Existen dos métodos de análisis de acidez titulable:

- a. **Acidez valorable total**, esta se determina a través del método volumétrico, haciendo uso del hidróxido de sodio (NaOH), cuyo principio se basa, en la neutralización de los ácidos que contiene la harina (Negri, 2005)
- b. **Acidez Volátil**, está representada por el ácido acético que contiene una muestra y se determina por evaporación de éste cuando la muestra se diluye en agua y se demuestra haciendo uso de:

$$\begin{aligned} \text{Acidez Total} &= \text{Acidez Volátil} + \text{Acidez Fija} \\ \text{Acidez Total} - \text{Acidez Volátil} &= \text{Acidez Fija} \end{aligned}$$

(Silva, 2008).

2.2.12. El Análisis Sensorial

La evaluación sensorial es importante en la Industria Alimentaria, de esta depende el control de calidad y el proceso respectivo, en el diseño, desarrollo de nuevos productos y en la estrategia del lanzamiento de los mismos. Estas pruebas se recomienda realizarlas una hora antes del almuerzo y dos horas después de este, en la mañana alrededor de las 11 – 12 del mediodía y entre las 3-4 de la tarde (Hernández, 2005). Si no se realiza un análisis sensorial de los alimentos y se confía únicamente en otro tipo de parámetros puede incurrirse en errores; debido a que la aceptación de éstos no solo depende de su calidad nutritiva si no de sus características sensoriales; razón por lo que, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos (Watts *et al.*, 2001)

2.2.12.1. Evaluación sensorial

a) **Color:** determina la frescura que presenta el producto alimenticio a evaluar y es recomendable que el color sea uniforme. También es útil para detectar la opacidad, transparencia o brillo.

b) **Olor:** Los olores percibidos son componentes volátiles que algunos elementos

desprenden, el lugar en el cual se ejecuta la evaluación sensorial de alimentos tiene que estar aireado.

c) **Sabor:** asigna cuatro sensaciones sápidas básicas como el dulce, salado, ácido y amargo, componiendo estos los cuatro sabores básicos.

d) **Textura:** apreciar si el alimento es duro o blando, por medio de los ojos se percibirá la apariencia del alimento, a través del oído se escuchará si es crocante y por medio de la lengua que tiene la habilidad de detectar si es áspero, fibroso y harinoso.

2.2.12.2. Pruebas orientadas al consumidor

- a) **Pruebas de preferencia,** el consumidor de acuerdo a su percepción, seleccionará la muestra de su preferencia (Watts *et al.*, 2001).
- b) **Pruebas de aceptabilidad,** la aceptabilidad de un producto, es el indicador real de la aceptación por parte del consumidor y va acorde con la oferta y la demanda (Watts *et al.*, 2001).
- c) **Pruebas hedónicas,** Se utilizó la metodología descriptiva en la cual emplearemos la escala hedónica de 5 puntos. Estas pruebas están orientadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para utilizar estas pruebas se utilizan diferentes categorías; destacando "me gusta muchísimo", pasando 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.*, 2001).

Tabla 4

Escala hedónica de 5 puntos

Criterio	Puntos
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
No me gusta, ni me disgusta	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

Nota: Tomado de Watts *et al.*, (2001)

2.3. Definición de términos básicos

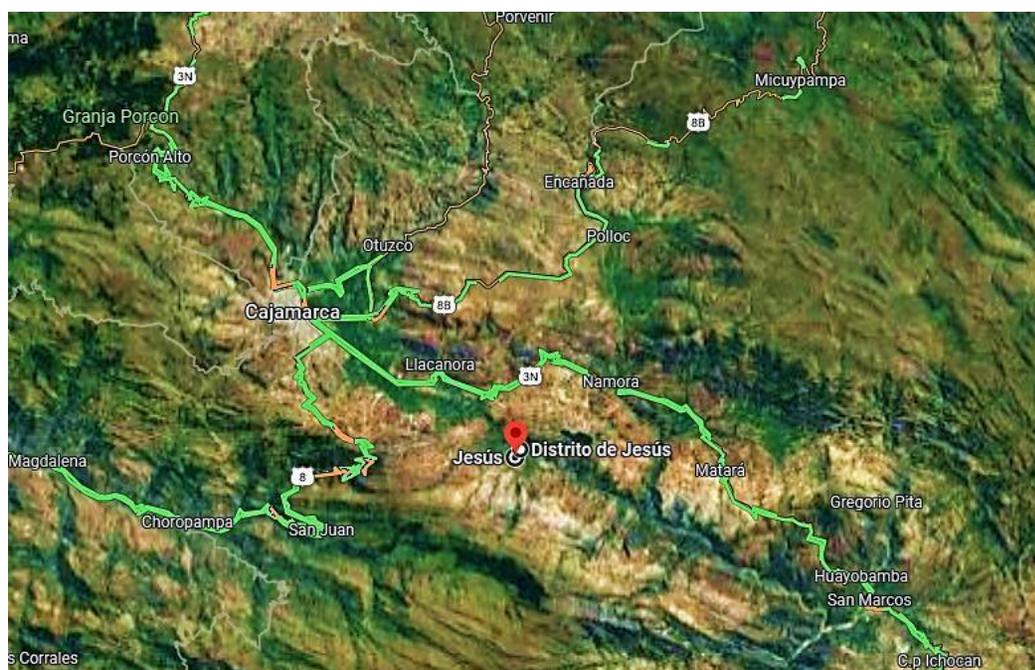
- **Aceptabilidad:** determina cuanto les gusta o les disgusta la galleta de harina de semillas de pajuro.
- **Análisis bromatológico:** son estudios realizados en el laboratorio para determinar la composición química y nutricional de la harina de semillas de pajuro.
- **Análisis fisicoquímico:** es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características químicas y físicas de la harina de semillas de pajuro.
- **Análisis sensorial:** Evalúa las características organolépticas de las galletas de harina de pajuro, como sabor, olor, textura y color.
- **Caracterización:** consiste en dar características bromatológicas y fisicoquímicas a la harina de semillas de pajuro por ser un nuevo tipo de harina al usar la testa en su composición.
- **Erythrina edulis (pajuro):** categorizadas entre árboles y arbustos (Escamilo 2012; Takhtajan 2009), destacando al pajuro como única especie que produce semillas comestibles; crece y desarrolla en andes de Colombia, Uruguay y Perú (Naranjo, 2011).
- **Harina:** se define como el polvo que resulta de la molienda de productos agrícolas como cereales, tubérculos, raíces, leguminosas y otros que reúnan características apropiadas para ser utilizadas en el consumo humano (González y Pazvergara, 2016).
- **Semillas de pajueros tiernos:** son de consistencia carnosa, apariencia de un frijol grande, con medidas de 2cm de largo por 1 cm de ancho, contenidas en una vaina; son de color rojo oscuro (Vargas, 2014)
- **Semilla de pajuro maduro:** son de consistencia carnosa, apariencia de un frijol grande, con medidas de 2cm a 5.2 cm de largo por 2,5 cm de ancho, contenidas en una vaina; son de color marrón o café (Vargas, 2014)

III. MATERIALES MÉTODOS

3.1. Ubicación

Las pruebas experimentales y los análisis se realizarán en el Laboratorio de Industrias alimentarias y de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Ubicada en el km 3.5 carretera Cajamarca – Baños del Inca, a 2750 msnm, 7°10' latitud sur, 78° 30' longitud este, temperatura promedio 15 °C, humedad relativa 73% y precipitación promedio anual 650 mm.

La colección de pajuro se obtuvo de diferentes sectores del distrito de Jesús, de la provincia de Cajamarca, del departamento de Cajamarca, ubicada a 2,564 msnm, con coordenadas de 7°14'53"S, 78°23'04"O; temperatura promedio 12°C, humedad relativa 96%.



3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima

- Semilla de pajuro (*Erythrina edulis*) tiernas y maduros, procedente del distrito de Jesús, Cajamarca.

3.2.2. Equipos e instrumentos

- Balanza digital(Sartorius) y analítica(Mettler Toledo).
- pHmetro (Adwa).
- Buretas (25, 50 ml) (Burkle).
- Crisoles liso y poroso (ChemicalCenter).
- Pipetas (Thermo Fisher Scientific).
- Probetas de 25 ml, 50 ml, 100ml y 250 ml.
- Vasos de precipitado de 50 ml, 250ml y 500ml.
- Centrifuga (Andreas Hettich).
- Baño María(Biobase).
- Estufa (HV ovens) .
- Kjeldahl Distillation Unit (H.W. Keseel)
- Equipo Dosi – Fiber (VELP Scientifica)
- Trompa o bomba de vacío(BÜCHI V-710)
- Frasco Kitasatos (Kimax)
- Horno de mufla de 500°C (Belltronic)
- Estufa de 150°C (SL- SIMPLE - Poleko)
- Desecador (Campana desecadora) (Everglass)
- Molino manual (corona).
- Tamices (zonytest).
- Cuchillos, Tabla de picar.
- Rallador, Tazones.
- Cocina a gas y eléctrica (Fadic).
- Papel kraf (VyGpack) y papel toalla (Nova)

3.2.3. Reactivos

- Hidróxido de sodio NaOH 0.1 N (JT BAKER/MACRON)
- Agua destilada (alkofarma).
- Fenolftaleína (Biopharm).
- Ácido sulfúrico al 0.128 molar (PanReac AppliChem).
- Hidróxido de potasio al 0.223 molar. (PanReac AppliChem).
- Antiespumante: Octanol o Alcohol amílico. (Thermo Scientific Chemicals)
- Acetona(PanReac AppliChem).

3.2.4. Otros instrumentos

- Laptop y memoria USB 4G.
- Útiles de escritorio.

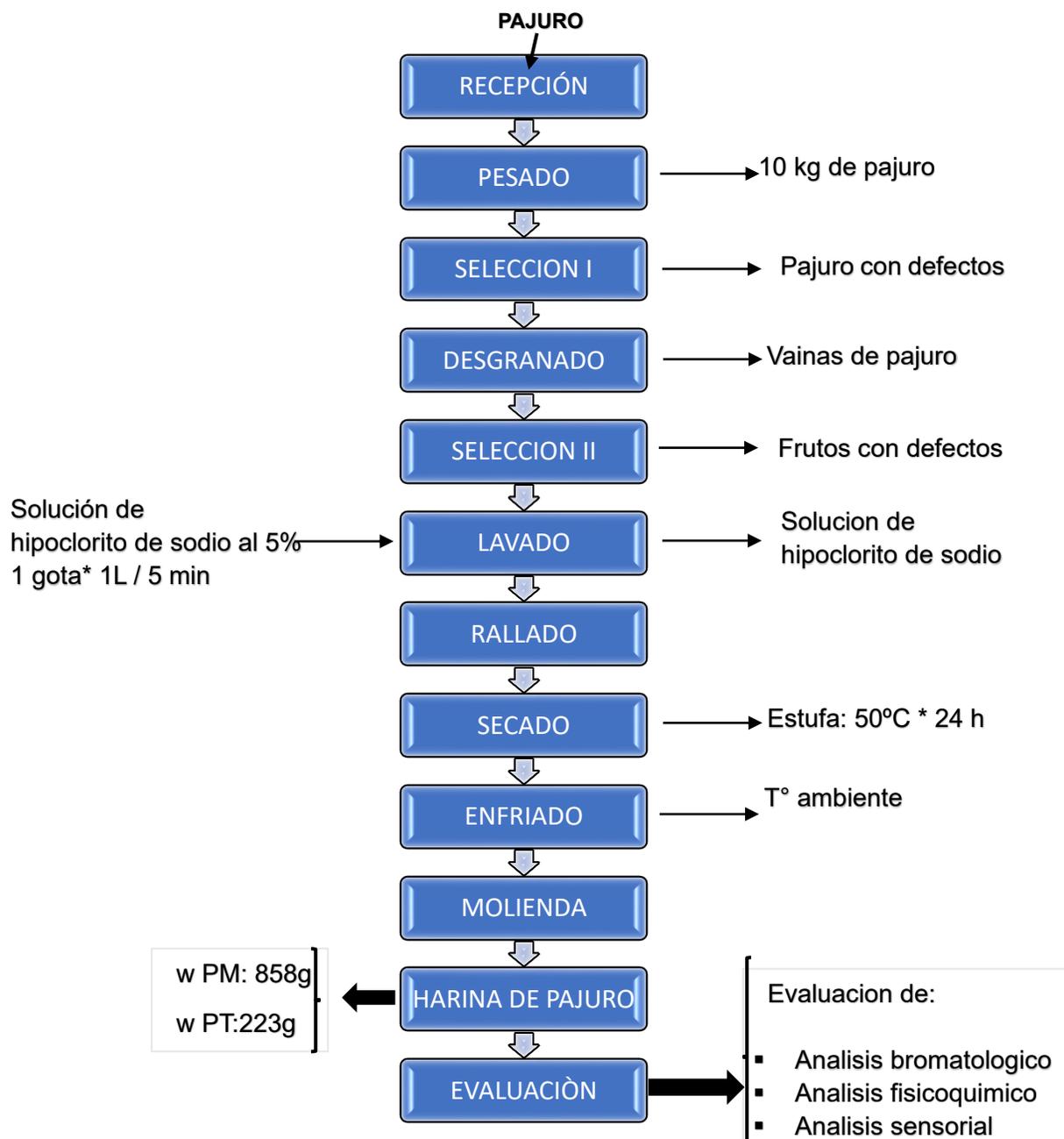
3.3. Tipo de investigación

Este estudio se ubica en el tipo de investigación descriptiva experimental. Puesto que examina diferentes fuentes de base teóricas científicas y /o enfoques relacionados con el objeto de estudio, de manera específica, referido a las preparaciones culinarias, características bromatológicas; fisicoquímicas y sensoriales de la harina de semillas de pajuro; buscando la aplicación y utilización de los conocimientos que obtengan de una manera práctica, según la relación de los niveles de investigación este estudio se posiciona en un nivel descriptivo puesto que describe de manera sistematizada las variables, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes. (Guevara *et al.*, 2020)

3.4. Metodología

Se describe a continuación la metodología para la elaboración de la harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*).

DIAGRAMA PARA LA ELABORACION DE HARINA DE SEMILLAS DE PAJURO



Nota. La gráfica muestra el flujo de operaciones para la obtención de la harina a partir de las semillas crudas de pajuro. Elaboración propia, adaptada de (Ezpinoza 2018; Tingal 2019).

3.4.1. Obtención de la harina de semillas de pajuro

Como se puede observar en la gráfica las semillas fueron seleccionadas, lavadas y rallados en trozos pequeños para ser secados en una estufa.

Posterior a ello fueron llevados a un molino convencional, con el fin de reducir el tamaño de la partícula, como se muestra a continuación:

- a) **Recepción:** La recepción de materias primas se establece como la primera etapa en la elaboración de los alimentos, y en este paso es fundamental observar ciertas características de color, olor, textura del producto a utilizar.

Para todas las pruebas experimentales y de proceso se utilizó el pajuro maduro y tiernos, obtenidos del distrito de Jesús.

Figura 1

Vainas de pajuro



Nota. Como podemos ver la figura 2, muestra el estado de maduración de las vainas del pajuro; al lado derecho en estado maduro, y al lado izquierdo en estado tierno.

- b) **Pesado:** se realizó de manera mecánica, utilizando una balanza digital, se pesará un total de 10kg de pajuro, tanto tiernas como maduras.
- c) **Selección I:** consiste en verificar que los frutos (vainas) sean de calidad, que no tengan ningún daño físico, mecánico ni morfológico, que sean apto para el consumo. Se realizó de manera manual, en esta operación se separó las vainas de pajuro que tienen defectos físicos.

Peso de vainas maduras sin defectos: 8.7kg

Peso de vainas tiernas sin defecto: 8.5 kg

- d) **Desgranado:** esta operación consistió en retirar las vainas del pajuro y obtener solamente el fruto, este proceso se realizó manualmente.

Peso de grano de pajuro maduro: 7kg

Peso de grano de pajuro tierno: 5kg

Figura 2

Semillas de pajuros



Nota. Como se muestra en la figura 3, las semillas de pajuro van cambiando su color a medida que van madurando, de un color blanquecino rosáceo a un color café.

- e) **Selección II:** en esta operación se separó los frutos defectuosos, agentes extraños o impurezas que puedan causar una alteración o toxicidad en la harina.

Peso de frutos maduros sin defectos: 7 kg

Peso de frutos tiernos sin defectos: 5 kg

- f) **Lavado:** las semillas de pajuro principalmente las maduras, fueron lavadas con agua potable empleando hipoclorito de sodio al 5,1% (1 gota * 1L) por 5 min., con la finalidad de asegurarnos que una vez efectuado el lavado no se quede ninguna carga microbiana, a la vez eliminando las saponinas las cuales son componentes

superficiales de los granos; responsables del sabor amargo, producción de hemólisis y alteración de la permeabilización del intestino (López, 2012)(Espinoza, 2018) .

- g) Rallado:** consiste en reducir las semillas de pajuro en trozos pequeños, para facilitar su secado y la molienda. En este proceso de rallado se utilizó un rallador manual.

Figura 3

Proceso de rallado.



- h) Secado:** El proceso de secado de los trozos de semillas de pajuro se realizó en una estufa a 50 °C por 24 horas similar a según lo recomendado por De la Cruz (2009) que serán removidas periódicamente, facilitando un secado uniforme; bajando el nivel del agua y deteniendo reacciones de degradación (Anselmi, 1999), (Espinoza, 2018). Dicho proceso de calentamiento aumenta el valor nutritivo de las proteínas de pajuro, debido a la disminución de factores antinutriente(FAN) que se encuentran en los granos en estado crudo como inhibidores enzimáticos, taninos, lecitinas y azúcares no digeribles (López, 2012), (Espinoza, 2018).

Peso de pulpa seca maduro: 2.450kg

Peso de pulpa seca tierno: 1.058kg

- i) **Enfriado:** proceso en el cual las semillas de pajuro después del secado, tuvieron un lapso de tiempo a temperatura ambiente, para enfriarse y facilitar la molienda.
- j) **Molienda:** los trozos de semillas de pajuro secados serán pulverizados a través de un molino manual, obteniendo así la harina en partículas diminutas.

Peso de harina de pajuro maduro= 858g

Peso de harina de pajuro tierno=223g

Figura 4

Harina se semillas de pajuro



Nota. En la figura 5 se puede mostrar la harina de las semillas de pajuro, al lado izquierdo de las semillas tiernas, teniendo un color menos oscuro que la harina de las semillas maduras (lado derecho).

- k) **Envasado:** la harina obtenida será embolsado en bolsas de papel kraf, para evitar la absorción de la humedad, ya que una cantidad excesiva de humedad puede provocar problemas de moho.

3.4.2. Análisis proximal (Bromatológico): método oficial de análisis “ASSOCIATION of OFFICIAL ANALITICAL CHEMIST – AOAC - 1997”

a) Materia seca

- 1) Recepción de la muestra.
- 2) Codificación de la muestra.
- 3) Pesar la tara (Bolsa de papel o vaso de precipitación, antes secarlos en estufa(HV ovens) a 105° por 30 minutos)
- 4) Pesar muestra más tara.
- 5) Llevar a estufa (HV ovens) a 60° por 48 horas si es pasto o a 105° por 24 horas, si es un concentrado.
- 6) Luego de esto pesar la muestra más tara.
- 7) Realizar los cálculos necesarios.

b) Minerales totales (cenizas): Se determinó según el método descrito por la AOAC.

- 1) Recepción de la muestra.
- 2) Codificación de la muestra.
- 3) Pesar el crisol de losa(Chemical center), después de colocarlo en estufa(HV ovens) a 105° por 30 minutos.
- 4) Pesar crisol más muestra.
- 5) Llevar a mufla(Beltronic) a 600°C por 2 horas.
- 6) Luego de esto pesar crisol (Chemical center) más cenizas (muestra)
- 7) Realizar los cálculos necesarios.

c) Proteína cruda: Se determinó según el método Kjeldahl, descrito por la AOAC.

Realización de la disgregación kjeldahl:

- Conectar el aparato y precalentar durante aproximadamente 5 minutos en la máxima potencia (10).
- Colocar los vasos de disgregación en el soporte de vasos de disgregación en rack.
- Llenar los vasos con las muestras y reactivos a usar.
- Colocar el módulo de aspiración con las juntas montadas en el soporte de vasos de disgregación.

- Poner en servicio el lavador de gas o la bomba de chorro de agua antes de que se generen los gases.

Para calcular el porcentaje de Proteína Cruda, de cualquier muestra, este proceso se realiza en tres fases, las cuales son las siguientes:

FASE I: Proceso de digestión o disgregación: Método KJELDAHL

- 1) Colocar en el vaso de disgregación una pequeña muestra a analizar, correspondiente a 0.5 gramos de peso (anotar el peso de la muestra).
- 2) Agregar 20 ml de ácido sulfúrico al 96% de pureza, en cada vaso de disgregación.
- 3) Agregar 1 gr. de mezcla catalizadora (mezcla fundente) a cada vaso de disgregación.

La mezcla contiene Sulfato de Potasio (K_2SO_4) a razón de 9 gr. + Sulfato de Cobre ($Cu_3 SO_4$) a razón de 1 gr. = 10 gr. de muestra fundente.

- 4) Agregar 1 ml. de alcohol amílico (antiespumante) a cada vaso de disgregación.
- 5) Encender el equipo y esperar la disgregación dependiendo del tipo de muestra (promedio de 5 horas).
- 6) Abrir con anterioridad la llave de abastecimiento de agua.

FASE II: Proceso de Destilación: Método KJELDAHL

- 1) Luego de aclarada la solución del vaso de disgregación (transparente) y el vaso esté frío, con la pizeta agregar 20 ml. de agua destilada a cada vaso.
- 2) Colocar en cada vaso 10 – 15 perlas de ebullición.
- 3) Colocar el vaso en el soporte del destilador.
- 4) En un matraz graduado colocar 100 a 150 ml. de ácido bórico, el cual contiene además solución de Tashiro (Verde bromo cresol: 1 gr.+ Rojo de metilo: 0.5 gr. + Etanol absoluto: 100 ml.), esta mezcla es de color vino; dicho matraz se ubica en el lugar de recepción del destilado.
- 5) Encender el equipo.
- 6) Abrir la llave de abastecimiento de agua para refrigeración del equipo.
- 7) Agregar al vaso 50 a 80 ml. de hidróxido de sodio ($Na OH$) al 40%, presionando el botón respectivo.

- 8) Agregar agua destilada, girando la llave que existe en el equipo, hasta lograr el volumen de destilado requerido.
- 9) Recoger en el matraz 100 a 200 ml. de destilado, esta mezcla debe tener un color verde profundo, casi oscuro.

FASE III: Proceso de Titulación.

- 1) Llenar una bureta graduada(burkle) con 50 ml. de ácido clorhídrico al 0.1 normal.
- 2) Colocar el matraz bajo la llave de descarga.
- 3) Abrir la llave de descarga, y dejar que caiga gradualmente el ácido clorhídrico hasta que la mezcla de color oscuro tome una coloración rojo vino.
- 4) Medir el gasto (consumo) de ácido clorhídrico por diferencia; anotar el resultado.

Luego de ejecutadas estas tres fases, realizar los cálculos necesarios para determinar el porcentaje de Proteína Cruda, usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ P. C.} = \frac{0.1 \times 0.014 \times 6.25 \times \text{Gasto De Ác. Clorhídrico}}{\text{Peso De La Muestra}} \times 100$$

Donde:

* 0.1 = normalidad del ácido clorhídrico (HCl).

* 0.014= peso molecular del nitrógeno.

* 6.25= factor de conversión de proteína (este puede variar de acuerdo al tipo de muestra).

Para calcular la Energía Bruta se usan los siguientes factores, de acuerdo a Maynard (Nutrición Animal-Sétima edición- 1986) y Cañas (Bioenergética – 1992); cuyos datos se remontan al año 1894.

- a) Carbohidratos : 4.15 Kcal/gramo
- b) Grasas : 9.40 Kcal/gramo
- c) Proteínas : 5.65 Kcal/gramo

d) Fibra Cruda: se determinó mediante el método WENDEE de la AOAC - N° 962.09 - 1997)

1. Pesar el crisol poroso(Chemical center).
2. Pesar crisol más la muestra a analizar, previamente secada y molida.
3. Obtener por diferencia el peso de la muestra.
4. Colocar el crisol en el dosificador de fibra(VELP Scientifica).
5. Encender el equipo y verificar que tenga abastecimiento de agua potable.

Digestión Ácida:

- a) Calentar en la cocina 100 ml. de ácido sulfúrico, para evitar la fractura de los crisoles porosos.
- b) Colocar la máquina al 90% de su potencia.
- c) Abrir bomba de vacío(BUCHI V-710).
- d) Agregar a cada tubo 100 ml. de ácido sulfúrico caliente.
- e) Para evitar el rebosamiento de la muestra aplicar 1 ml. de alcohol amílico.
- f) Luego que la muestra empiece a burbujear, bajar el potenciómetro al 30% de su capacidad.
- g) Lavar la muestra con agua destilada caliente.
- h) Fin de la fase de digestión ácida, cerrar la bomba de vacío.

Digestión Alcalina

- a) Luego de lavar con agua destilada, aplicar 100 ml. de Hidróxido de Potasio (KOH), a cada tubo.
- b) De nuevo colocar la máquina al 90% de su potencia.
- c) Luego que la muestra esté hirviendo bajar el potenciómetro al 30% de su capacidad, por un periodo de 10 minutos.
- d) De nuevo lavar con agua destilada caliente.
- e) Llevar el crisol poroso a estufa(HV ovens) por 20 minutos y a 105° C.
- f) Colocar el crisol poroso en la campana de desecación(Everglass), la cual, contiene ácido sulfúrico, el mismo que tiene la propiedad de ser higroscópico; para que se enfríe.
- g) Pesar el crisol poroso más la fibra cruda.

h) Realizar los cálculos necesarios.

Manipulación de los Crisoles Porosos

Los crisoles porosos están fabricados con vidrio pyrex, la porosidad del filtro que incluyen es de porosidad N° 2 (40 – 70 micras)

Un crisol frío no debe colocarse directamente al horno de mufla (Beltronic) cuando la temperatura de este sea de 500°C; ya que esto provocaría la rotura inmediata de los crisoles. Para evitarlo seguir una de las opciones siguientes:

- Colocar los crisoles en el horno de mufla frío y luego encenderlo.
- Colocar los crisoles encima de un material aislante (amianto) e introducirlo todo junto en horno de mufla caliente.

Operación del Equipo

Preparar la muestra y los reactivos:

- ❖ Moler la muestra a un tamaño de tamiz de 1 mm.
- ❖ Calentar el reactivo en la cocina eléctrica (Fadic) a una temperatura de 95°C – 100°C.
- ❖ Llenar los crisoles con las muestras molidas y colocarlos junto al equipo dosi fiber; luego con el asa porta crisoles recoger los crisoles e introducirlos en la unidad principal frente a las resistencias. Bajar la palanca de fijación y bajar la tapa reflectora.
- ❖ Situar los mandos de las válvulas en posición OFF.
- ❖ Abrir el grifo de entrada de agua refrigerante. El caudal o aforo debe ser de 1 a 2 litros por minuto.
- ❖ Accionar el interruptor de encendido del equipo (POWER), el piloto ámbar se iluminará. El potenciómetro debe estar en posición OFF.

Proceso de extracción en caliente:

- ❖ Levantar la tapa superior y añadir el reactivo (caliente) en cada columna. Determinar la cantidad de reactivo mediante la escala graduada de cada columna.

- ❖ Girar el potenciómetro de ajuste (sentido horario) hasta la posición 80%-90%. La resistencia calefactora de poner en marcha.
- ❖ Añadir el antiespumante en cada columna.
- ❖ Cuando el reactivo empieza a hervir disminuir la potencia de calor girando el potenciómetro (sentido anti horario) hasta el 20%-30%.
- ❖ Mientras dura le extracción puede aprovecharse para calentar el segundo reactivo o el agua destilada.
- ❖ Finalizada la extracción apagar el calefactor por el interruptor (POWER).
- ❖ Abrir el grifo de la bomba (trompa) de agua (si se ha utilizado este sistema para producir la presión de vacío). Situar los mandos de las válvulas en posición Aspirar. Una vez completada la filtración cerrar las válvulas.
- ❖ Si durante la filtración es necesario disolver el residuo, accionar el interruptor de la bomba de aire (PRESSURE) y situar el mando de las válvulas en posición Soplar; volviendo luego a la posición Aspirar: La potencia de la bomba de soplar es ajustable interiormente.
- ❖ Lave las muestras con agua destilada caliente utilizando un bote pulverizador (pizeta). El agua se introduce por la entrada de cada columna. Para esto situar los mandos de las válvulas en la posición Aspirar para dejar la muestra seca: Cerrar de nuevo las válvulas. Si el método usado precisa de varias extracciones repetir el proceso.
- ❖ Para sacar los crisoles de la unidad de extracción utilizar el asa porta crisoles encajando ésta en los crisoles y librándolos, antes desbloquee la palanca de fijación.
- ❖ Colocar los crisoles en una gradilla soporte, caso contrario en una plataforma de material aislante del frío.

Determinación de la Fibra Bruta por el Método de WEENDE

- 1) Pesar de 1 a 1.5 gr. de muestra en un crisol poroso, antes pesado (Tara). La cantidad de muestra es W_0 (Peso de muestra).
- 2) Introducir los crisoles en el equipo Dosi Fiber(VELP Scientifica).

Hidrólisis Ácida en caliente:

- 3) Asegurarse que la válvulas estén en la posición cerrado

- 4) Añadir 100 – 150 ml de H₂SO₄ caliente en cada columna y 0.25 ml de antiespumante.
- 5) Abrir el circuito de refrigeración y activar las resistencias calefactoras, es decir, colocar al equipo en el 90 % de su capacidad (Potencia 90%)
- 6) Esperar a que hierva, luego reducir la potencia al 30% y dejar hirviendo durante el tiempo de extracción (30 minutos a 1 hora, dependiendo del tipo de muestra). Para una hidrólisis más efectiva accionar la bomba de aire o vacío en la posición Soplar.
- 7) Apagar la calefacción. Abrir el circuito de vacío y poner los mandos de las válvulas en posición Absorción. Lavar con agua destilada caliente y filtrar. Repetir este proceso tres veces.

Hidrólisis Básica en caliente:

- 8) Repetir los pasos c a g; pero utilizando KOH en lugar de H₂SO₄.

Extracción en frío con Acetona

- 9) Preparar el frasco Kitasatos(Kimax) con la trompa o bomba de vacío(BUCHI V,710). Situar el crisol en la entrada del kitasatos y añadir acetona a la vez que el circuito de vacío está absorbiendo hacia el frasco. Repetir esta operación 3 veces.
- 10) Poner las muestras a secar en la estufa(HV ovens) a 150°C durante una hora.
- 11) Dejar enfriar en desecador(Everglass).
- 12) Pesar con la balanza analítica de precisión: La cantidad pesada corresponde a W₁.
- 13) Incinerar las muestras de los crisoles en el horno de mufla a 500°C(Beltronic) durante un mínimo de 3 horas.
- 14) Dejar enfriar en desecador. Tener en cuenta las recomendaciones dadas para la manipulación de los crisoles porosos(Chemical Center).
- 15) Pesar los crisoles en balanza analítica de precisión(Mettler Toledo). La cantidad pesada es W₂
- 16) Realizar el siguiente cálculo:

$$\% \text{ de Fibra Bruta} = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100$$

e) Grasa cruda (extracto etéreo): se determinó el contenido de grasas mediante el método de Soxhlet, descritos por la AOAC - N° 950.09 – 1997.

I. Hidrólisis ácida:

- 1) Moler la muestra a un tamiz de 1 mm.
- 2) Pesar la muestra (apuntar el dato).
- 3) Colocar la muestra en un matraz y agregarle 100 ml. de ácido clorhídrico (HCl) al 4 normal.
- 4) Calentar en la cocina por espacio de 30 minutos.
- 5) Filtrar la muestra en papel filtro y lavar con agua destilada(Alkofarma).
- 6) Llevar la muestra en el papel filtro a estufa(HV ovens) y desecar por espacio de 30 minutos a 105° C.

II. Extracción de la grasa:

- 7) Pesar el vaso de vidrio pírex de la máquina extractora de grasa (vesel).
- 8) En cada vaso colocar 100 ml. de éter de petróleo.
- 9) Ponemos la muestra en timbol, luego la incluimos en el vaso que contiene el éter de petróleo, luego la llevamos al extractor de grasa.
- 10) Programamos el extractor según lo siguiente:
 - a) 30 minutos en Inmersión.
 - b) 20 minutos en Washing (Lavado de la muestra).
 - c) 20 minutos en Recover (Recuperación del éter de petróleo).
- 11) Terminado este proceso llevar el vesel más la grasa a la estufa por espacio de 15 minutos a una temperatura de 105° C. para eliminar la humedad existente.
- 12) Luego de enfriar se pesa el vesel más la grasa.
- 13) Realizar los cálculos necesarios.

3.4.3. Análisis fisicoquímico

a) Determinación de pH en harina

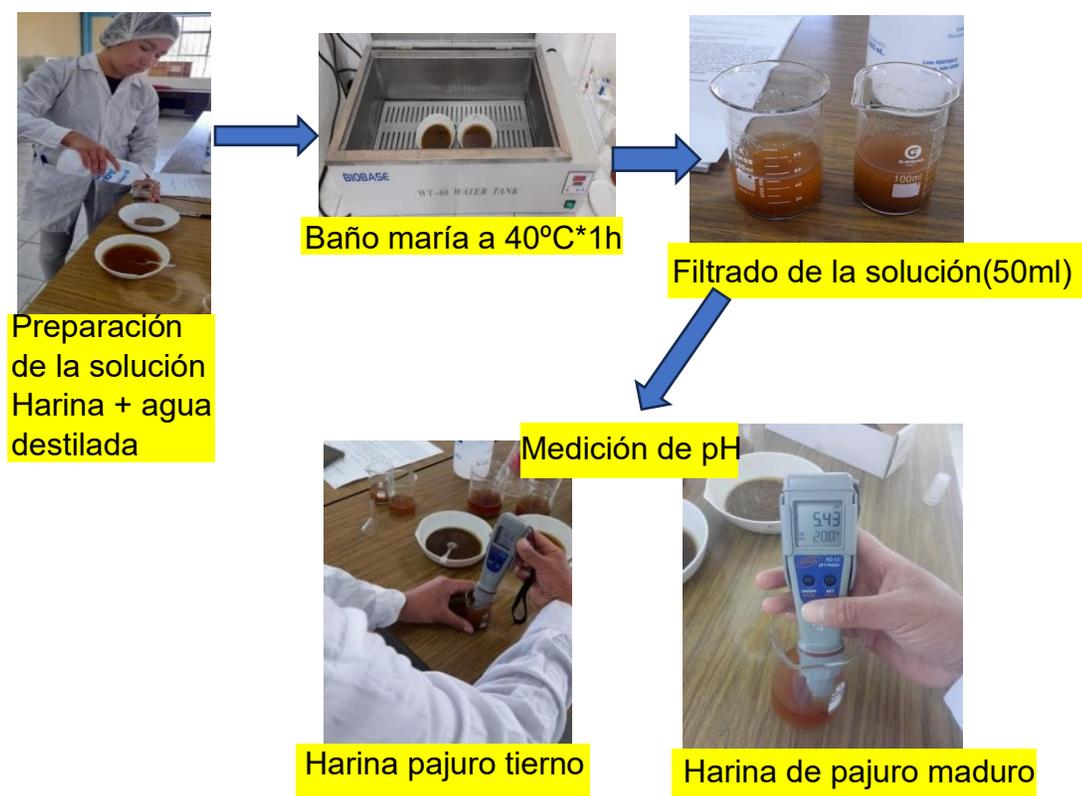
Es un factor intrínseco de los alimentos (que resulta de su propia composición) que afecta a su deterioro, y por lo tanto a su vida útil. Se determinó mediante el método descrito por AOAC; utilizando un potenciómetro previamente calibrado previamente con tres tipos de buffers 4, 7 y 10.

Para la determinación del pH se realizó una solución de Harina: Agua (1:10). Se pesó 10 gr de harina, los cuales se mezclaron con agua destilada en una fiola de 100 ml. Esta solución se llevó a baño maría a 40°C durante una hora, luego de esto se filtraron 50 ml de esta solución y se procedió a efectuar la medición de pH con un potenciómetro previamente calibrado. Este procedimiento se realizó por triplicado, dando como resultado el promedio de los valores de pH obtenidos.

Método utilizado según norma de referencia: AOAC 943.02 Cap. 32, Pág. 14, 21st Edition 2019.

Figura 5:

Proceso de determinación de pH en harinas



b) Determinación de acidez en las harinas

Nos permite apreciar el grado de deterioro, que han producido los microorganismos en la harina (convirtiendo en ácido sulfúrico). Se utilizará el Método NTP 205.039:1975 (Revisada al 2016)

En un frasco de Erlenmeyer se deslíen los 10g de harina en 100 ml de agua destilada, se agitó la suspensión en el frasco cada 10 min por espacio de una hora, luego se filtró 50 ml de esta mezcla, se agregó 1ml de solución indicadora de fenolftaleína. Y se procedió a titular con Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1 N. Para determinar la acidez titulable se utilizó la siguiente formula.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{V * 0.1 * 49 * 10^{-3} * 100 * 100}{10 * 50} * \frac{100 - H}{100 - H}$$

$$\% \text{ de acidez} = V * 0,098 * \frac{85}{100 - H}$$

Dónde:

V: Gasto de la solución 0,1 N de Hidróxido de sodio

H: Humedad de la muestra

Figura 6:

Proceso de determinación de acidez en harinas



c) Determinación de densidad aparente en la harina

Es la relación entre masa y volumen, expresada en kg/m³, teniendo en cuenta la literatura 0.420 - 0.435 (Bedolla, 1984 y Bressani *et al.*, 2001). Para determinar la densidad de las harinas se utilizó una probeta graduada de 25 ml, y una balanza de dos dígitos marca BOECO. Una vez tarado el peso de la probeta, se procedió a llenarla poco a poco con la muestra seca, previniendo la formación de burbujas que pudieran alterar la lectura.

Al completar el volumen total de la probeta, se registró el peso de la muestra como m = masa de harina. Considerando el volumen de la probeta como v = volumen ocupado por la harina, se resolvió la fórmula para densidad (ρ).

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Figura 7:

Proceso de determinación de densidad aparente en harinas.



Peso muestra harina de pajuro tierno



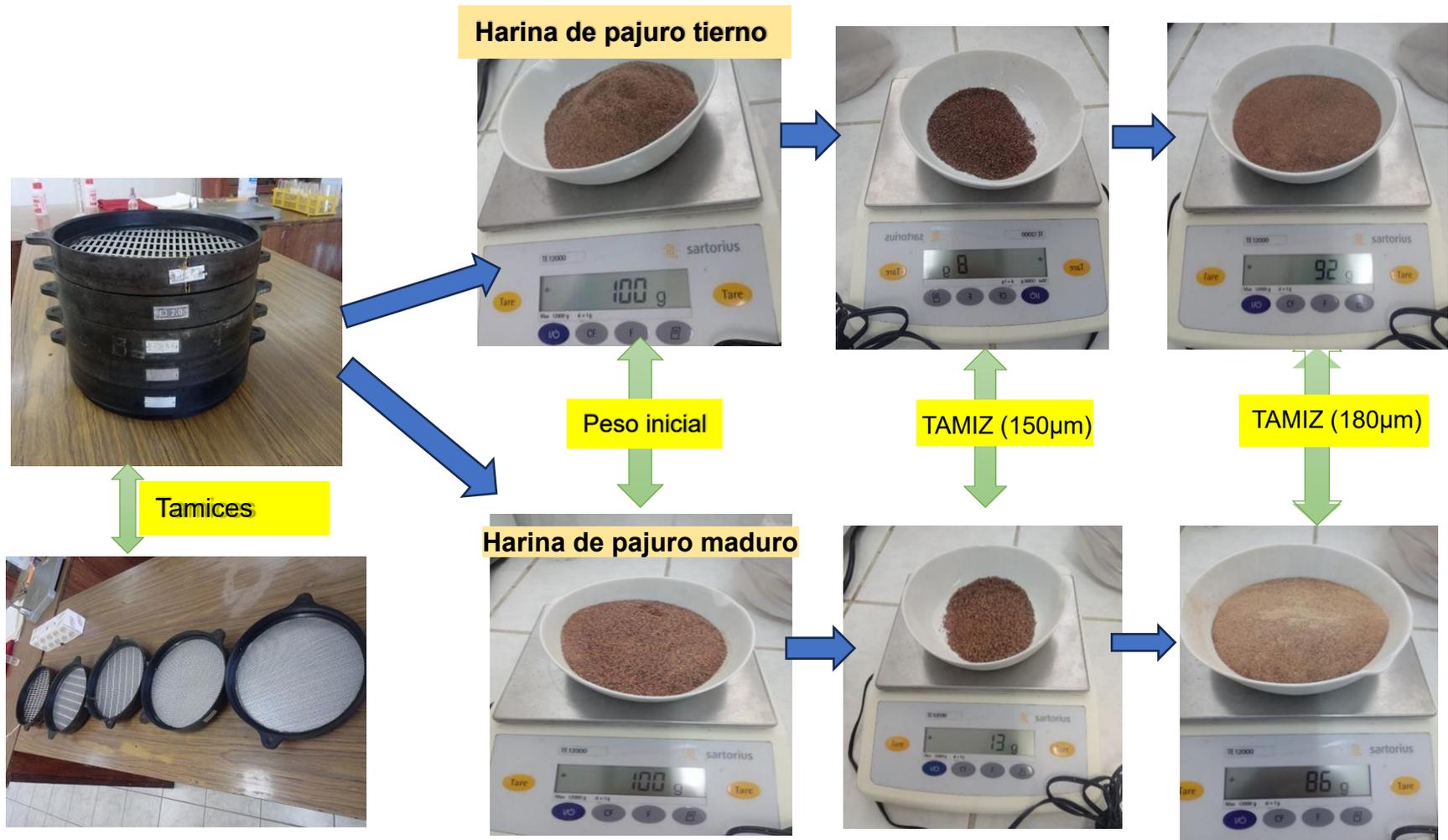
Peso muestra harina de pajuro maduro

d) Determinación de la granulometría

La granulometría se obtuvo agitando por 15 min., 100 g de harina de acuerdo al método descrito por Bedolla y Rooney (1984), (Bressani *et al.*, 2001). Con un juego de tamices zonytest.

Figura 8

Proceso de determinación de granulometría en harinas



e) **Determinación Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA)**

El método que se siguió para la determinación de I.A.A. y de I.S.A. fue tomado de Anderson *et al.*, (1969), (Bressani *et al.*, 2001) con algunas modificaciones. La harina se pasó por una malla de 100 μm para normalizar el tamaño de la muestra, se pesaron 2,5 g (b.s.) de muestra en una balanza analítica Acculab AL-104 (Sartorius Group, Edgewood, USA), se adicionó 50 g de agua destilada y se agitó durante 30 min. Se tomó una alícuota de 10 g de la suspensión formada y se centrifugó a 3.000*g por 15 min; en una centrífuga Sigma 2-15 (Bioblock Scientific, Illkirch, Francia). El sobrenadante se decantó y se secó a 100°C durante 24 h., y el gel retenido en los tubos se pesó. El I.A.A. y I.S.A. se determinaron de acuerdo con las ecuaciones Nos 1, 2 y 3 que se indican a continuación. Los ensayos se realizaron por duplicado.

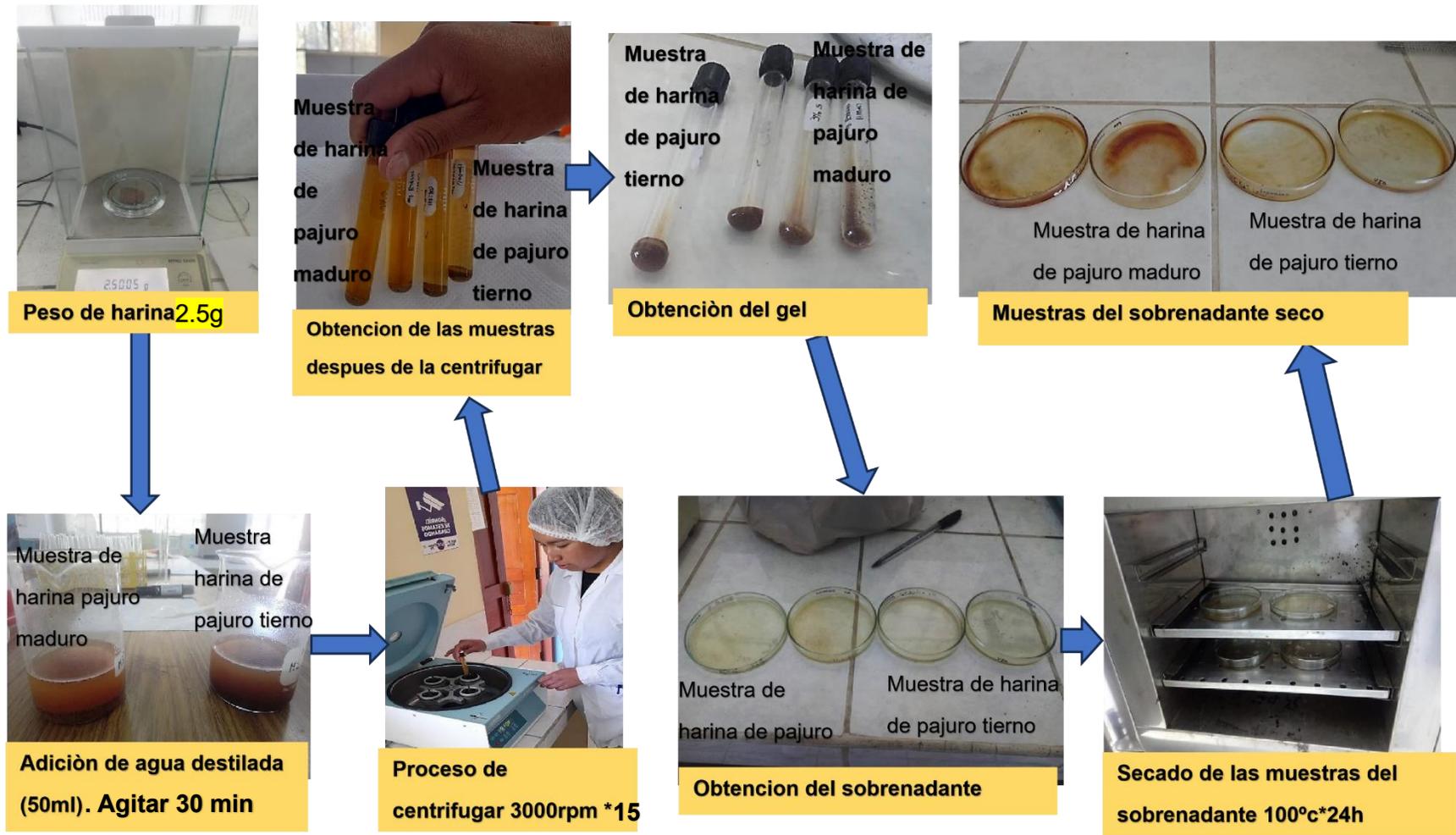
$$\text{Peso de la muestra (g)} = \frac{\text{peso seco muestra(g)}}{\text{peso seco muestra(g)} + \text{agua(g)}} * \text{alícuota (g)} \dots\dots (1)$$

$$\text{I.A.A.} = \frac{\text{peso gel(g)}}{\text{peso muestra(g)}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{I.S.A. (\%)} = \frac{\text{peso sobrenadante(g)} - \text{peso seco sobrenadante(g)}}{\text{peso muestra(g)}} * 100 \dots\dots\dots (3)$$

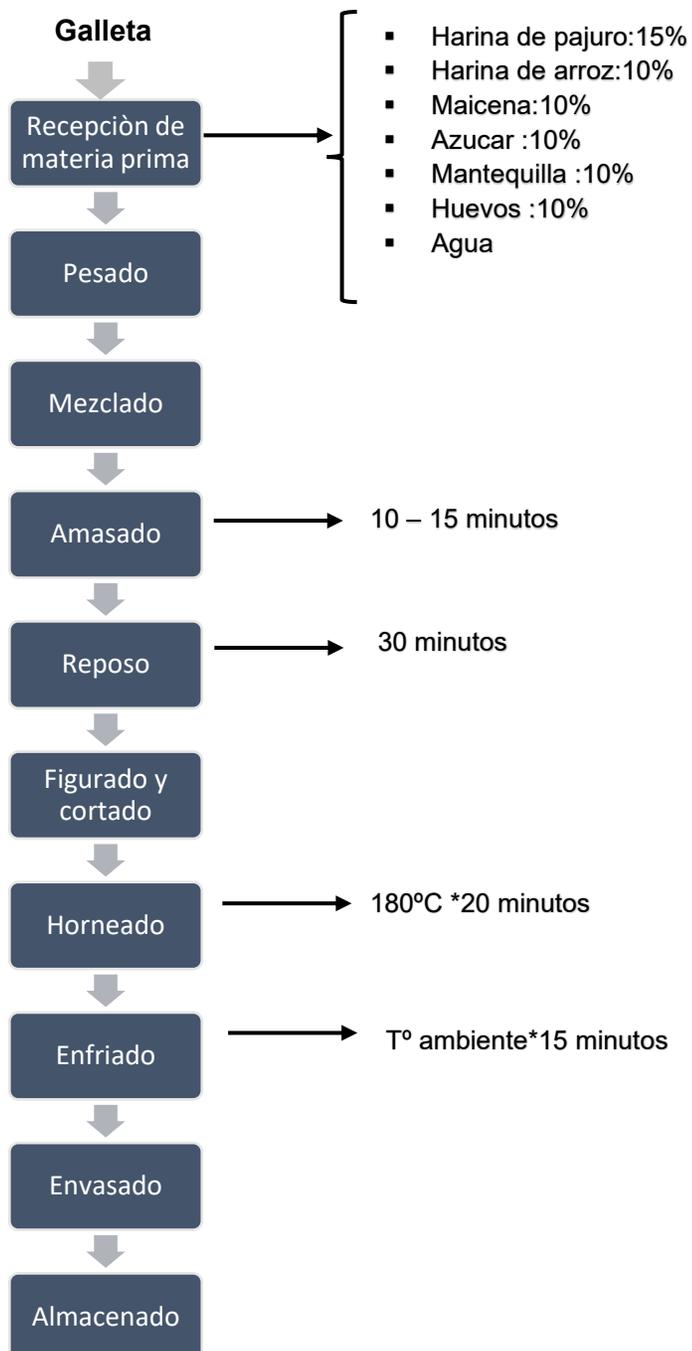
Figura 9:

Proceso de determinación de la I.A.A e I.S.A en harinas



Para la elaboración de galleta de harina de semillas de pajuro, se siguió el siguiente diagrama de flujo que se presenta a continuación

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETA



Nota. La grafica muestra el proceso de elaboración e insumos utilizados en la galleta con harina de pajuro. Tomado de Tomalá & Gallegos (2013).

3.4.4. Elaboración de la galleta

- a. **Recepción de materia prima:** esta operación se realizó teniendo en cuenta que las harinas no presentaran ningún contaminante físico, químico o biológico, así como los otros ingredientes, pasaron por el control de calidad, verificando su fecha de vencimiento, lote de producción y daños de los envases. Se procedió adquirir las harinas, para la elaboración de la galleta. La harina de semillas de pajuro se obtuvo por elaboración propia, así como también la harina de arroz.
- b. **Pesado:** las materias primas fueron pesadas en una balanza analítica de acuerdo con los requerimientos de la formulación (tabla 11), para ambos tipos de harina, con el propósito de evitar una proporción incorrecta. Sabiendo que esta manipulación es importante ya que con la materia prima que ingresa podemos saber cuánto de merma hay en cada proceso y también conocer los costos manufactura que involucra la elaboración de galletas.
- c. **Mezclado:** Se realizó el mezclado de la harina de pajuro con la harina de arroz y la maicena y con todos los ingredientes formulados como la mantequilla, azúcar, huevos, agua.
- d. **Amasado:** consiste en aplastar la masa hasta estirla ligeramente y doblarla sobre sí misma mejorando desarrollo de la estructura de la masa por 10 a 15 minutos.
- e. **Reposo:** Durante este proceso se dejó reposar la masa en un bol de aluminio y cubierta con plástico film para que no se contamine durante el tiempo que se encuentre en refrigeración, este proceso se realiza por un tiempo de 30 minutos, con la finalidad de que la masa adquiriera una mejor consistencia.
- f. **Moldeado y figurado:** Se procedió a un moldeado uniforme con pesos aproximados de 35 g cada una, en forma circular y colocadas en las bandejas para el reposo y posterior horneado.
- g. **Reposo:** El reposo se llevó por un tiempo de 5 minutos para ganar volumen por la acción de la levadura.
- h. **Horneado:** Una vez reposada la masa se procede al horneado a una temperatura de 180 °C y un tiempo de 20 minutos aproximadamente.
- i. **Enfriado:** Una vez horneado las galletas se enfría al medio ambiente, durante 20 minutos; antes de ser embolsado.
- j. **Envasado:** El envasado se realizó de forma manual con la seguridad e higiene correspondiente en bolsas de polipropileno de baja densidad.

- k. **Almacenamiento:** Las galletas elaboradas fueron almacenadas a temperatura ambiente (16 a 21°C) en un lugar limpio, seco y fresco para su posterior evaluación sensorial.

Tabla 5

Información nutricional de las galletas de pajuro (1 porción)

Nombre del alimento	Peso (g)	Energía (kcal)	Proteínas (g)	Grasa total (g)	Carbohidratos (g)
Harina de pajuro	15	52.4	2.7	0.2	10.00
Harina de arroz	10	35	0.8	0.5	7.34
Maicena	10	36.3	0.0	0.0	9.1
Azúcar rubia	10	35.4	1.1	0.2	7.6
Mantequilla	10	36.7	0.1	4.1	0.0
Huevo de gallina	10	14.1	1.36	0.83	0.17
Total		209.1	6.06	5.83	34.21

Nota. La tabla 11 muestra la información nutricional de cada insumo utilizado en la elaboración de una porción de galleta de pajuro. Elaboración propia adaptado de Alarcón & Tarazona (2016).

3.4.5. Pruebas sensoriales:

Con el propósito de evaluar la aceptabilidad de la galleta de harina de semillas de pajuro maduro y tierno, se empleó un panel de cata no entrenado compuesto por 30 individuos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 25 años. Para este grupo de participantes, se preparó 1 kg de cada formulación, utilizando cantidades proporcionales a las mezclas mencionadas en la Tabla 11. A cada participante se le ofreció una galleta de cada formulación en bolsitas de polipropileno. Se instruyó a los participantes a degustar ambas galletas y a ingerir agua entre ellas para neutralizar el sabor anterior(anexo5).

Es importante destacar que en este experimento se empleó una escala hedónica de 5 puntos, evaluando cinco criterios: "me gusta mucho", "me gusta", "no me gusta ni me disgusta",

"me disgusta", y "me disgusta mucho". Se solicitó a los panelistas que ordenaran las galletas según su preferencia en los atributos de color, olor, sabor y textura, asignando el número 5 si les gustaba mucho, 4 si les gustaba, 3 si no les gustaba ni disgustaba, 2 si les disgustaba, y 1 si les disgustaba mucho. En el Anexo 4 se presenta la ficha de evaluación utilizada para la prueba sensorial, la cual se llevó a cabo conforme a las especificaciones del Institute of Food Technologists (IFT).

3.4.6. Análisis estadístico

Los puntajes obtenidos del análisis sensorial se analizarán con el análisis de prueba T, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las galletas elaboradas por cada tipo de harina; en cuanto a sus características sensoriales.

3.4.6.1. Modelo estadístico

Esta distribución t se usa para realizar el proceso de interferencia acerca del parámetro μ cuando $n \leq 30$ (Vásquez, 2014).

1) Planteamiento de las hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** No hay diferencia significativa entre las medias de los dos grupos ($\mu_1 = \mu_2$)
- **Hipótesis alternativa (H_1):** Hay una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos ($\mu_1 \neq \mu_2$)

2) Cálculo de las estadísticas descriptivas:

- Calcular la media (\bar{x}) y la desviación estándar (s) de cada muestra.

3) Cálculo del estadístico T:

- Usar la fórmula para el estadístico T para muestras independientes

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde: \bar{x}_1 y \bar{x}_2 son las medias de las muestras.

s_1 y s_2 son las desviaciones estándar

n_1 y n_2 son los tamaños de las muestras.

4) **Determinación del valor p:**

- Si el valor p es menor que el nivel de significancia (por lo general, $\alpha=0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos.
- Si el valor p es mayor que α , no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay evidencia suficiente para afirmar que hay una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de la harina de semillas de pajuro

Los resultados del rendimiento de harina de las semillas de pajuro maduro y tierno se muestran en la tabla , determinando que presentan un bajo rendimiento ambas harinas.

Tabla 6

Rendimiento de harina de semillas de pajuro(100g)

% rendimiento	semillas de pajuro maduro(100g)	Semillas de pajuro tierno(100g)
Harina	35.01	21.15

El rendimiento de la harina de pajuro maduro (35.01%) y pajuro tierno (21.15%), es menor a lo observado por Acero, (2000), quienes reportaron que el rendimiento de la harina es la mitad del peso de las semillas (base húmeda), estos resultados se deben a que en la obtención de harina tuvo un proceso de secado de 24 h, en el cual hubo disminuyo de peso.

En la presente investigación el porcentaje de rendimiento de harina de pajuro maduro es de 35.01%; superando al porcentaje de maca (*Lepidium meyenii*) que es 30 %; pituca (*Colocasia esculenta* L.) 25.8 %; papa (*Solanum tuberosum*) 19.5% y yuca (*Manihot sculenta*) 19 % y en comparación con pijuayo (*Bactris gasipaes*) que tiene 36.6%, éste supera a la harina de pajuro maduro en 1.59% (Bernales, 2002)

Generalmente el porcentaje de rendimiento común de las harinas, varía entre 12 y 14% (Bernales, 2002); comparando con estos datos, el porcentaje de rendimiento harina de pajuro tierno es 21.15%; demostrando que este porcentaje supera a las harinas comunes en 7.15%.

El rendimiento harinero del Pajuro a partir de las semillas tiernos fue de 21.15%, y de semillas maduras fue 35,01%; siendo estos valores menores en comparación al rendimiento de otras leguminosas tales como el frijol castilla (50%), frijol caraota (45%) y frijol ñuña (46.5%)(Espinoza, 2018). En comparación con las harinas de los tubérculos y cereales el valor resulta similar en algunos en casos, ya que sus rendimientos se encuentran dentro del

rango de 20 a 72% respectivamente (Bernales, 2002). Esto se justifica debido a la presencia de un alto contenido de humedad (87.20 %) en los granos frescos de Pajuro.

4.2. Evaluación proximal (bromatológico)

Los resultados del análisis bromatológico de la harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*) maduras y tiernas, se muestra en la siguiente tabla 12.

Tanto la harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*) maduras y tiernas, presenta una composición rica en carbohidratos, seguido de proteínas, y fibra.

Tabla 7

Análisis proximal (bromatológico) de harina de semillas de pajuro (Erythrina edulis) maduro y tiernas.

Parámetros Evaluados (%)	Harina de semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) tierno	Harina de semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) maduro
Humedad	10.11	9.83
Carbohidratos	89.89	90.17
Cenizas (minerales totales)	4.07	5.86
Proteína	19.06	18.19
Extracto etéreo (grasa bruta)	2.47	2.42
Fibra bruta	5.43	5.80
Extracto libre de nitrógeno (CHOS)	68.97	67.74
ENERGÍA BRUTA (kcal/kg)	4396.53	4306.74

Nota. Laboratorio de Zootecnia.

4.2.1. Humedad

Se pudo observar que los niveles de humedad de la harina de semillas de pajuro maduro son 9.83% y de la semilla de pajuro tierno son 10.11%, valores similares a la harina de trigo que mantiene 10 – 14% de humedad (NTP 205.064, 2015), valores menores al frijol (12.01%) (Granito *et al.*, 2009), quinua (11.74%) (Delgado & Albarracín, 2012), y valores mayores al tarwi (7.72%) (Castañeda *et al.*, 2009). Estos valores son característicos de los

granos bien secos y maduros, evitando la proliferación de microorganismos (Ecotierra, 2021). El producto analizado se encuentra dentro del rango establecido de humedad, lo que indica buenas características para su almacenamiento y una vida útil mayor que la de sus insumos frescos.

El contenido de humedad en la harina de pajuro es de 10.11% y 9.83%, lo cual se encuentra dentro del rango reportado por los siguientes autores: Silva *et al.* (2015), Natalia y Castañeda (2014), y Delgado y Albarracín (2012), quienes mencionan humedades en base seca de 9.5 a 11%. Ozola *et al.* (2012) mencionan que una de las características más importantes para la calidad de la harina es la humedad, y no debe superar el 15%; de lo contrario, el agua libre contribuye al desarrollo de microorganismos y a la actividad de las enzimas. Por lo tanto, la harina de semillas de pajuro es una harina de calidad, lo que prolonga su vida útil en comparación con su estado fresco.

4.2.2. Cenizas

Con relación al contenido de cenizas que presentó la harina de semillas de pajuro tierno (4.07%) y pajuro maduro (5.86%), se observó que este se encuentra dentro de los límites que puede tener un alimento procesado con un valor menor al 10% (Moyano, 2002; Ortega, 2005; NTP, 2016).

En comparación con otras harinas, estos valores son similares a la harina de tarwi (3.34%) (Castañeda *et al.*, 2009), frijol (3.62%) (Granito *et al.*, 2009), y soya (4.68%) (Delgado & Albarracín, 2012), leguminosas de una misma variedad que se dan en vainas. Por lo tanto, el contenido de ceniza de la harina de semillas de pajuro (5.86% y 4.07%) se encuentra dentro de los parámetros que debe tener una leguminosa.

El contenido de ceniza de la harina de semillas de pajuro maduro y tierno, variedad *Erythrina edulis*, fue 5.86% y 4.07%. Este registro es superior al reporte de Umaña *et al.* (2013), quienes realizaron un estudio sobre las propiedades químicas, térmicas y estructurales de las harinas de chachafruto, reportando un contenido de ceniza de 3.71%. Carvajal *et al.* (2013) reportaron un contenido de ceniza de 1.55%, y es similar a lo indicado por Silva *et al.* (2015), quienes admiten un porcentaje de 2.69 a 2.72%, y también por Arango Bedoya *et al.* (2012), quienes manifiestan un porcentaje de 2.8% de ceniza. Los resultados obtenidos para la harina de semillas de pajuro son mayores a los reportados, lo cual se debe a que se usó la semilla con toda la testa, aumentando dichos valores en el porcentaje de

ceniza. Cabe resaltar que el valor de ceniza de la harina de pajuro maduro concuerda con el reportado por Delgado *et al.* (2012), con un valor de 5.35% en harina de pajuro al utilizar la semilla con toda la cáscara, teniendo una mínima diferencia con el valor de nuestra harina elaborada; esto también se debe al lugar de procedencia.

4.2.3. Proteínas

El contenido de proteína cruda en la harina de semillas de pajuro maduro fue de 19.06% y en el pajuro tierno fue de 18.09% para la variedad *Erythrina edulis*. Este porcentaje no muestra una diferencia notable respecto a otras variedades, tal como describen los siguientes autores: el pajuro registra un contenido de proteína de 18.5-25% (Acero, 2000; Umaña *et al.*, 2013). Vargas Cuba (2013) realizó un estudio con el objetivo de determinar la viabilidad de las semillas de *Erythrina edulis* "basul" y encontró aproximadamente 21-23% de proteína. Silva *et al.* (2015) evaluaron frutos de pajuro de dos regiones, manifestando un contenido de proteína cruda promedio de $21.7 \pm 0.04\%$ en Cajamarca y $24.2 \pm 0.03\%$ en Ancash. La dispersión del porcentaje de proteína de las semillas de pajuro evidencia el lugar de procedencia y también el manejo postcosecha. El porcentaje de proteína mostrado en la tabla 7 se encuentra dentro de lo reportado por los autores mencionados.

El contenido de proteína cruda de la harina de semillas de pajuro, comparado con otras legumbres, no muestra una diferencia notable. Ugwuona y Suwaba (2013) determinaron el porcentaje de proteína cruda en los granos de frijol Jack (28.8%); Rehman *et al.* (2007) determinaron la composición proximal de la harina de arveja, señalando un contenido de proteína de 26.18%. Romanchik *et al.* (2011) evaluaron las propiedades químicas de la harina de soya, determinando un contenido de proteína de 28.3%. La quinua blanca (*Chenopodium quinoa Willd.*) registra de 10 a 18% de proteína (Swieca *et al.*, 2014). Mohammed *et al.* (2012) estudiaron la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de garbanzo, reportando un contenido de proteína de 25.4%. El resultado del contenido de proteína es un poco menor que el de las legumbres mencionadas, debido a la aplicación del proceso de secado para la obtención de harina, a excepción de la quinua blanca que muestra una comparación.

El porcentaje de proteínas de la harina de semillas de pajuro maduro y tierno es de 18.19% y 19.06%, valores cercanos al 20.02% reportado por Zavaleta (2010), quien menciona

que el valor de la proteína en legumbre fresca como el pajuro (29.53%) disminuye con procesos de cocción.

El contenido proteico de la harina de pajuro es mayor que el de las harinas de trigo (9.62%), kiwicha (13.24%), cañihua (14.06%), maca (15.93%) y quinua (11.21%) (Espinoza, 2018). Por lo tanto, la harina de pajuro se podría usar para elevar o complementar el contenido nutricional de dichas harinas, cubriendo de esta manera las necesidades proteicas del consumidor.

La harina de semillas de pajuro maduro y tierno tiene un contenido de proteínas del 19% y 18%, respectivamente. Sin embargo, carece de gluten, por lo cual es una harina débil; aunque supere el valor en proteínas, no todas las harinas con alto contenido de proteínas son harinas de fuerza. La fuerza de una harina también depende de la extensibilidad, elasticidad y tenacidad (Chapela, 2021).

Según la clasificación europea, las harinas de trigo que contienen un porcentaje de proteínas superior al 13% se caracterizan como harinas extra fuertes, que son utilizadas en fideos alimenticios (Manu et al., 2018). Comparando con la harina de semillas de pajuro tierno y maduro, se observa que presentan proteínas de 19% y 18%, siendo aptas para la elaboración de fideos. Asimismo, también recibirían la nominación de “harina de gran fuerza” puesto que su contenido proteico es mayor al 13%.

4.2.4. Grasas

El porcentaje de grasa tanto para la harina de semilla tierna (2.42%) como para la madura (2.47%) es menor al 3%, resultado similar a lo reportado por Martínez y Astiasarán (2002), quienes afirman que las leguminosas en general poseen porcentajes de grasa bajos (<3%), como el frijol (1.66%) (Granito et al., 2009), a excepción de la soya que contiene entre 17 y 20% y el tarwi (16.50%) (Castañeda et al., 2009). Ellos aseguran que un escaso contenido de grasa reduce los principales procesos de alteración y mejora la conservación del producto. Por otro lado, al comparar el valor de la grasa del pajuro con cereales como la quinua (5.93%), kiwicha (6.35%) y cañihua (6.22%), se observa una gran diferencia, debido a que el embrión de los cereales concentra gran cantidad de grasa y está bastante desarrollado

(25% del total del grano) (Marx, 2009). La harina de pajuro presenta un contenido de grasa menor al 3%, siendo viable su conservación.

Acero (2002) realizó análisis proximales de alimentos andinos promisorios en distintos laboratorios, indicando que el chachafruto contiene grasa cruda aproximadamente del 1%. Ruiz Montiel et al. (2012) mencionan un 1.5% de grasa, y Zavaleta et al. (2010) reportan un 1% de grasa cruda, siendo estos datos menores a lo encontrado en la tabla 12, donde se usaron semillas con cáscara, variando la comparación de resultados. Por otro lado, Hernández et al. (2011), que trabajaron con harina de hojas, fruto y cáscara del pajuro como suplemento en la alimentación de truchas arco iris, reportan niveles de fibra cruda del 2.9%, carbohidratos del 21% y grasa del 3%; siendo estos datos similares a lo encontrado en la tabla 12 en cuanto a grasas.

4.2.5. Fibras

El contenido de fibra de la harina de semillas de pajuro maduro (5.80%) y tierno (5.43%) se encuentra dentro de los parámetros reportados por Félix y Días (2005), quienes realizaron el análisis bromatológico de diferentes partes del chachafruto, reportando un contenido de fibra en la harina con cáscara de 3 a 8% y en las hojas un contenido de fibra cruda del 9%. Asimismo, Granito et al. (2009) mencionan que la harina de trigo posee 3.62% de fibra y la harina de frijol posee 3.39% de fibra (Goesaert et al., 2005). Comparando con nuestra harina de pajuro, esta posee una mayor cantidad de fibra, siendo una opción para mejorar la dieta alimenticia.

Según Fenemma (1999) y Espinoza (2018), el porcentaje de fibra es mayor en la harina con respecto al grano debido a la presencia de sustancias insolubles como las glicosilaminas resultantes de la reacción entre los azúcares reductores provenientes de los carbohidratos y los compuestos aminados procedentes de los aminoácidos o proteínas presentes en la harina de pajuro. El contenido más alto de fibra lo presentó la harina de semillas de pajuro maduro (5.80%), seguido por la harina de semillas tiernas (5.43%), la cual sería utilizada en productos como galletas y demás productos de molinería que se comercializan, resaltando la importancia del contenido elevado en fibra y los beneficios que aporta está en la dieta del consumidor.

4.2.6. Carbohidratos

El presente estudio de evaluación proximal del pajuro (ver Tabla 12) reporta que por cada 100 g de harina de semillas maduras de pajuro se obtienen 430.67 kcal y un 90.17% de carbohidratos, mientras que la harina de semillas tiernas presenta 439.53 kcal y un 89.89% de carbohidratos. En comparación con la harina de trigo (73.72%) y quinua (72.63%), estas harinas de semillas de pajuro, que son ricas en proteínas debido al uso de semillas con testa, muestran un mayor porcentaje de carbohidratos (Goesaert et al., 2005; Delgado y Albarracín, 2012).

En una investigación, se ha observado una composición similar, donde cada 100 g de harina de pajuro contiene 74 g de carbohidratos, 22.81 g de proteínas y 0.7 g de grasa (Delgado y Albarracín, 2012). Umaña et al. (2013) llevaron a cabo un estudio para caracterizar harinas alternativas vegetales libres de gluten, incluyendo el pajuro, reportando que la harina de pajuro en base seca contiene aproximadamente 73.40 +/- 0.17% de carbohidratos y 1.2% de fibra. Además, Carvajal et al. (2013) analizaron las propiedades de las harinas de chachafruto, encontrando que la harina de pajuro tiene un contenido de fibra del 0.5% y un 61.65% de carbohidratos. Estos estudios indican que la harina de semillas de pajuro, particularmente de semillas con testa del distrito de Jesús en Cajamarca, presenta un alto porcentaje de carbohidratos en comparación con otras fuentes estudiadas

4.3. Evaluación fisicoquímica

Los resultados de los análisis fisicoquímicos, determina que la harina de semillas de pajuro tanto maduro y tierno tiene valores cercanos a un pH neutro o básico, teniendo similitud a la harina de trigo.

Tabla 8

*Análisis fisicoquímico de harina de semillas de pajuro (*Erythrina edulis*) tierno y maduro.*

Análisis Fisicoquímico	Harina de Semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) Fresco	Harina de semillas de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) Maduro
pH	6.16	5.43
Acidez (%/100 g muestra) expresado como ácido sulfúrico	0.32	0.42
Densidad (g/ml)	0.76	0.68
Granulometría (g)	Tamiz 100um	0
	Tamiz 150um	8
	Tamiz 180um	92
Índice de Absorción en Agua (g gel/g)	1.195	0.994
Índice de Solubilidad en Agua %	16.06	16.28

Nota: elaboración propia.

4.3.1. pH

En comparación con otras leguminosas como la harina de alverja (6 – 6.2 pH) (Decreto Supremo N° 008-2005-SA), la soya (6 – 7.4 pH) y los frijoles (5.7 – 6.2 pH) (Badui, 2013); se determinó que tanto la harina de semillas de pajuro tiernas como maduras se encuentran dentro del rango de pH típico de las leguminosas, lo que indica que su consumo sería viable.

Según Hernández (2023), el pH de la harina de trigo (6.0 - 6.8) influye en la capacidad del gluten para formar la red esponjosa del pan. Un pH inferior a 3.4 puede provocar alteraciones debido a microorganismos ácidos y butíricos, así como la posible presencia de sustancias blanqueadoras cloradas. Para obtener un mayor desarrollo fermentativo y máxima producción de CO₂ en la panificación, se recomienda un pH entre 5 y 6, siendo óptimo entre 5.4 y 5.8. Valores similares fueron encontrados en el análisis de harina de semillas de pajuro maduro (6.16) y tierno (5.43), como se muestra en la Tabla 13. Por lo tanto, la harina de pajuro presenta un pH adecuado para su uso en panificación, aunque debido a la falta de gluten, debería ser complementada con otro tipo de harina. Sin embargo, puede ser utilizada en otras preparaciones como postres, mazamoras y productos cárnicos donde actúa como emulsionante.

4.3.2. Acidez

La Norma NTP (2015) establece que la harina integral para panificación debe tener un máximo de 0.22% de acidez para evitar modificar las propiedades físicas, químicas y reológicas de las masas. En este estudio, se encontró que la harina de semillas de pajuro maduro (0.32 %) y tierno (0.42 %) superan este valor. Por lo tanto, se recomienda su uso como complemento de otras harinas, principalmente de cereales, para mejorar la calidad nutricional y evitar alteraciones en las propiedades de las masas.

En comparación con la harina de arroz (0.24%) de acidez según la Norma Técnica Peruana (ITINTEC 250.023), la harina de semillas de pajuro tanto madura como tierna presenta valores similares. Sin embargo, la harina de cebada (0.79%) supera ampliamente estos valores debido a su mayor contenido de testa, lo que aumenta su acidez. En este sentido, la harina de semillas de pajuro se encuentra dentro del promedio de acidez para harinas integrales, lo que la hace apta para su uso.

4.3.3. Densidad

La densidad de las harinas de semillas de pajuro varió entre 0.68 g/ml (maduro) y 0.76 g/ml (tierno) como se ve en la tabla 13. Estos valores son similares a los informados para otras harinas como el arroz (0.67 g/ml), amaranto (0.69 g/ml) y papa (0.72 g/ml) (Mezquita et al., 2011). Valores más altos de densidad sugieren que son harinas de granulometría fina que facilita un empaque eficiente en el envase (Bresani et al., 2001). Esto se observa especialmente en la harina de semillas de pajuro tierno, cuya cáscara más delgada facilita la

obtención de partículas finas. En comparación, la harina de semillas maduras presenta una densidad menor. Ambas harinas se encuentran dentro del promedio de densidad para harinas finas, lo que las hace aptas para su comercialización.

En el caso de las muestras de almidón de yuca (0.61 g/ml), achira (0.69 g/ml) y papa (0.55 g/ml), se observó una densidad más elevada, atribuible al tamaño de partícula más fino de las harinas (Techeira et al., 2014). Haciendo comparación con la harina de semillas de pajuro, donde la variante tierna muestra una mayor densidad respecto a la madura, debido a la facilidad de molienda de su testa más delgada. En definitiva, la harina de semillas de pajuro presenta densidades dentro de los rangos aceptables para su consumo.

4.3.4. Análisis Granulométrico

La caracterización granulométrica es fundamental para comprender la difusividad del agua en las partículas, es decir, la capacidad de la harina para absorber agua durante el acondicionamiento de la materia prima (Carvalho et al., 2010). En este estudio, se observó que la harina de semillas de pajuro tierno molida presenta una mayor proporción de partículas finas (0g, 8 g, 92 g) en los tamices de 100 μm , 150 μm y 180 μm , respectivamente. En contraste, la harina de semillas maduras molida presenta una menor proporción de partículas finas (0 g, 14 g, 86 g), lo que indica una mayor cantidad de partículas gruesas. Esta diferencia se atribuye a la presencia de una testa más rígida en las semillas maduras, dando como resultado una harina con presencia de gránulos más gruesos, reduciendo su capacidad de absorción de agua.

Schmiele et al. (2011) demostraron que la disminución de la granulometría en la harina de avena aumenta el índice de absorción de agua (IAA). Esto se debe a que las partículas más pequeñas absorben proporcionalmente más agua y más rápidamente que las partículas más grandes, debido a su mayor área superficial para interactuar con las moléculas de agua. Sin embargo, la uniformidad de la granulometría es más importante que el tamaño de las partículas para favorecer la distribución uniforme del agua en la masa. En este sentido, la harina de semillas de pajuro maduro y tierno presenta una distribución uniforme de partículas no muy finas (polvo) debido a la presencia de testa, a diferencia de la harina de avena, que está libre de testa.

4.3.5. Índice de absorción en agua(IAA) e índice de solubilidad en agua(ISA)

Si bien la absorción de agua está influenciada por las características granulométricas de la harina (Schmiele et al., 2011), no es el único factor determinante. El índice de absorción de agua depende igualmente de la conformación molecular y el número de enlaces de las moléculas, lo que implica una fuerte influencia de la composición química de la harina (Rodríguez et al., 2012). En el caso de la harina de pajuro, su composición química difiere de la harina convencional (trigo); como se muestra en un estudio de un producto de panificación a base de trigo y quinua (Da Silva et al., 2013) que estableció que las harinas ricas en fibra y proteína pueden favorecer el aumento de la absorción de agua, ya que estos componentes compiten bien por las moléculas de agua. De acuerdo con estos autores, la harina de semilla de pajuro, con un contenido de proteína del 18 al 19% y de fibra del 5.43 al 5.80%, sería una fuente ideal para panificación y absorción de agua. Sin embargo, la ausencia de gluten y la presencia de testa en su composición, dificultan la absorción de agua hacen y es necesario su uso en combinación con otras harinas, en el caso de panificación.

La Tabla 8 presenta la comparación del índice de absorción e índice de solubilidad en agua de las dos harinas. El índice de absorción de agua se define como el peso del gel obtenido por gramo de muestra (Martínez, 2015). La harina de pajuro tierno presentó un índice de absorción de 1.19 g, mientras que la harina de pajuro maduro presentó un índice de 0.99 g.; estos resultados indican que la harina más fina (tierna) presenta valores más altos de índice de absorción en agua. Este tipo de harina, según su capacidad de absorción de agua, resulta ideal para productos como el hojaldre (rango de absorción de 2 a 3) y la galletería (rango de absorción de 1 a 2) (Han, 2013).

La absorción de agua es un factor crucial para la calidad del producto final. Si el agua no se liga adecuadamente a la estructura del almidón, puede perderse durante el horneado, lo que resulta en un producto seco que se endurece rápidamente. Además, la ausencia de gluten en la harina de pajuro impide la formación de una red elástica y plástica, características esenciales para la panificación (Silva et al., 2020). El análisis indica que las harinas de pajuro, tanto madura como tierna, se encuentran dentro de un rango de absorción de 1, lo que las hace inadecuadas para su uso exclusivo en panadería(pan). Sin embargo, estas harinas pueden ser utilizadas como un insumo adicional para mejorar el contenido de proteico en productos de panadería.

Los valores de IAA obtenidos para la harina de semillas de pajuro en este estudio son inferiores a los reportados en la literatura para productos extruidos de quinua y maíz, donde el IAA fluctúa entre 4.16 y 6.86 g gel/g (Revelo, 2010). Esta diferencia se atribuye a la presencia de testa, lo que reduce su capacidad de absorción de agua.

El índice de solubilidad de agua (ISA) mide la cantidad de sólidos que se disuelven en una cantidad fija de agua a temperatura ambiente. La Tabla 8 muestra el ISA entre las dos harinas analizadas, ambas presentan porcentajes similares de alrededor del 16%. Esto se debe a que las semillas de pajuro no se sometieron a un proceso de remojo ni cocción, y también por la presencia de testa; lo que impidió la eliminación de sólidos solubles presentes en el agua. Esta característica afecta la gelatinización de las harinas y la cantidad de amilosa que contienen, ya que esta inhibe la capacidad del gránulo de almidón para hincharse y absorber agua (Rodríguez *et al.*, 2012).

4.4. Análisis sensorial de las galletas de harina de semillas de pajuro

Se realizó un análisis de aceptación sensorial a las galletas elaboradas con harina de pajuro tierna y madura, mediante una prueba hedónica de cinco puntos. En esta evaluación participaron un total de 30 panelistas no entrenados, hombres y mujeres. A los panelistas se les hizo llenar una ficha sobre la aceptación de los atributos color, olor, sabor y textura.

4.4.1. Análisis de prueba T para el color en las galletas.

La Tabla 9 presenta los resultados del análisis de la prueba T para el color de las galletas de harina de pajuro; lo que indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de GT y GM, dado que el valor de p es mayor que 0.05. Por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula de que las medias de las dos muestras son iguales. Es decir, los panelistas evaluadores presentaron similar predilección por el color de ambas galletas.

Si bien estas diferencias son mínimas según su promedio, sugieren una ligera predilección por el color de la galleta GM. Ambos puntajes se encuentran en la categoría 4 "me gusta", lo que indica que los panelistas evaluadores consideraron el color de ambas muestras aceptable.

Cabe destacar que los panelistas mostraron una mayor preferencia por la galleta de color más oscuro (GM), como se observa en la Figura 10; la galleta GM presenta un color marrón más oscuro, similar al chocolate, debido a un mayor grado de tostado (Anexo 7).

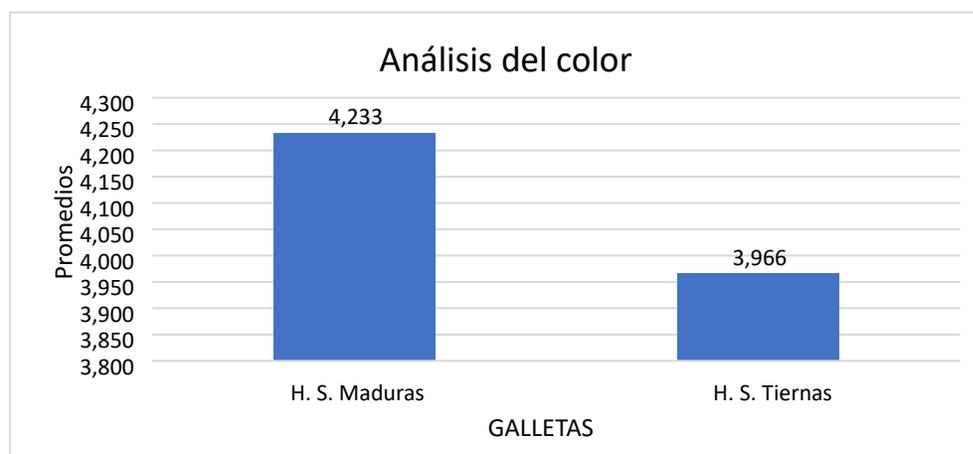
Tabla 9

Análisis de la prueba T para el color de las galletas.

Galletas	Media	T	Valor p
GM	4.2333 a	0.32	0.1014
GT	3.9667 a		

Figura 10

Comparación de medias a través de la prueba T para el color de las galletas.



Nota: La figura 10 muestra la comparación de medias a través de la prueba T para el color de ambas galletas, mostrando que no hay diferencia significativa.

En cuanto a la aceptabilidad del color, que es un indicador del estado de frescura de un alimento y define directamente la aceptación del producto, este debe ser uniforme (Arévalo, 2007). Además, la apreciación del tamaño, forma, color y características como opacidad, transparencia o brillo se perciben a través del sentido de la vista (Vásquez, 2004). Se encontró que todas las dos preparaciones fueron aceptables y no hubo diferencias significativas con respecto al color. El color característico de la harina de pajuro puede alterar el color de las preparaciones si no se combina con algún alimento que disimule el color original de la harina de pajuro (Samuel *et al.*, 2015). Como se observó en las galletas, predominó un color marrón más oscuro.

4.4.2. Análisis de prueba T para el olor en las galletas.

La Tabla 10 presenta los resultados del análisis de la prueba T para el olor de las galletas de harina de pajuro; lo que indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de GT y GM, dado que el valor de p es mayor que 0.05. Por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula de que las medias de las dos muestras son iguales. Es decir, los panelistas evaluadores presentaron similar predilección por el olor de ambas galletas.

Si bien estas diferencias son mínimas según su promedio, sugieren una ligera predilección por el olor de la galleta GM. Ambos puntajes se encuentran en la categoría 4 "me gusta", lo que indica que los panelistas evaluadores consideraron el olor de ambas muestras aceptable.

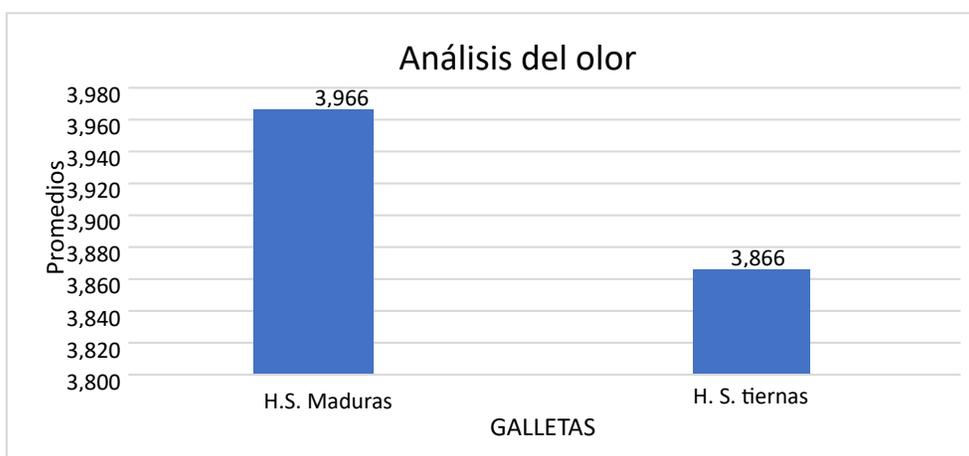
Tabla 10

Análisis de la prueba T para el olor de las galletas.

Galletas	Media	T	Valor p
GM	3.9667 a	0.326	0.5949
GT	3.8667 a		

Figura 11

Comparación de medias a través de la prueba T para el olor de las galletas.



Nota: la figura 11 muestra la comparación de medias a través de la prueba T para el olor de ambas galletas.

El sentido del olfato actúa después de la vista, permitiendo percibir los diferentes aromas; además, prepara los jugos gástricos para la posible digestión e identifica el estado de las preparaciones (Alarcón & Tarazona, 2016). En el estudio, las preparaciones fueron aceptadas por los panelistas en cuanto al aroma (Tabla 10). Sin embargo, es importante mencionar que las dos preparaciones, además de la harina de pajuro, presentaron ingredientes diferentes como harina de arroz, maicena, huevo, que pudieron favorecer la aceptación del aroma de dichas preparaciones.

Un estudio menciona que el olor se ve influenciado por diversos factores, entre ellos la forma de preparación y los ingredientes, que trabajan en conjunto para dar un olor característico a cada preparación (Zabaleta, 2010). Es por esta razón que se percibió el olor original de la harina de pajuro en las preparaciones. Otro estudio indica que el olor de la harina de pajuro en la preparación de pasteles se acentúa más cuando su proporción es mayor a la de otros ingredientes (Argote, 2012). En otros términos, la percepción del olor de la harina de pajuro dependerá de los ingredientes utilizados para las preparaciones y de la cantidad empleada de cada uno. Como se pudo apreciar en las galletas, su olor era característico, ya debido a que no se utilizó ninguna esencia ni saborizante en su preparación.

4.4.3. Análisis de prueba T para el sabor de la galleta

La Tabla 11 presenta los resultados del análisis de la prueba T para el sabor de las galletas de harina de pajuro; lo que indica que, si hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de GT y GM, dado que el valor de p es menor que 0.05. Por lo tanto, se puede rechazar la hipótesis nula de que las medias de las dos muestras son iguales. Es decir, los panelistas evaluadores presentaron mayor predilección por el sabor de la galleta de harina de pajuro maduro.

Si bien existe diferencias según su promedio, sugieren mayor predilección por el sabor de la galleta GM, que obtuvo un puntaje promedio de 4.6, que corresponde a la categoría "me gusta mucho", mientras que la galleta GT obtuvo un puntaje promedio de 4.2, que corresponde a la categoría "me gusta".

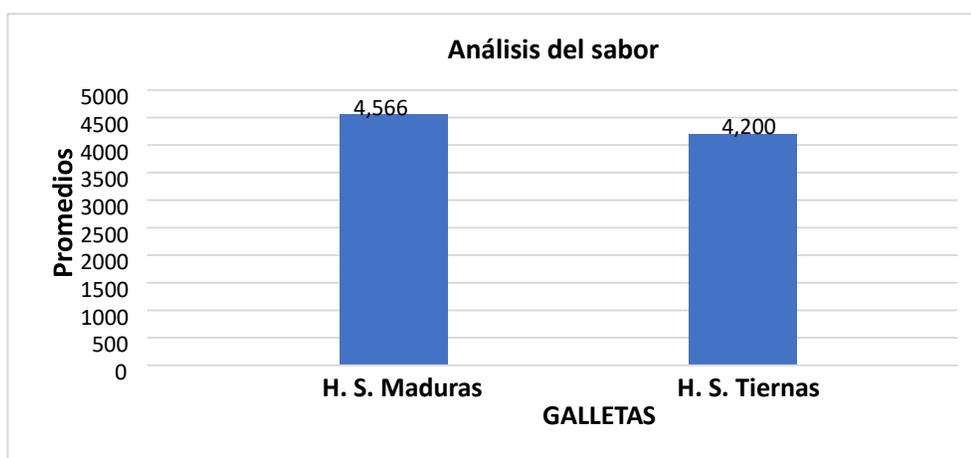
Tabla 11

Análisis de la prueba T para el sabor de las galletas.

Galletas	Media	T	Valor p
GM	4.5667 a	1.1792	0.0192
GT	4.2000 b		

Figura 12

Comparación de medias a través de la prueba T, para el sabor de las galletas



Nota: la figura 12 muestra la comparación de medias a través de la prueba T para el sabor de ambas galletas, mostrando diferencia significativa.

El sabor, definido como la sensación producida por las sustancias químicas en el órgano del gusto, determina la aceptación de un producto (Hernández, 2014). En este estudio, el sabor de las galletas de harina de pajuro fue aceptable, como se observa en la Figura 12, donde ambas preparaciones obtuvieron una alta calificación. Estos resultados concuerdan con investigaciones sobre pasteles elaborados con harina de pajuro, donde el sabor fue una de las características organolépticas mejor valoradas, sin diferencias significativas con la preparación control (Argote, 2012).

Sin embargo, es importante considerar que en este estudio las galletas se elaboraron sin aditivos ni saborizantes para mantener la esencia del sabor de la harina de pajuro; resultando este sabor aceptado por los panelistas (categoría "me gusta mucho"), la adición de aditivos y saborizantes, como canela, clavo o nuez moscada, podría mejorar aún más la

aceptación del producto en el mercado, tal como lo sugiere Granito et al. (2010) en su estudio sobre la disimulación del sabor ácido de las leguminosas.

El sabor dulce, presente en la mayoría de los productos alimenticios, es uno de los sabores más aceptados por el ser humano, influyendo en sus preferencias gustativas a lo largo del tiempo (Zucconi, 2013). En este estudio, las galletas de harina de pajuro presentaron un sabor dulce debido a la adición de azúcar, lo que podría haber contribuido a su alta aceptación por parte de los panelistas.

La tendencia hacia el sabor dulce puede explicarse por el aprendizaje asociativo, donde la exposición frecuente a ciertos alimentos durante el tiempo influye en las preferencias gustativas; además, existen estudios que sugieren la existencia de preferencias genéticas por los sabores dulces (Arango y Tarazona, 2016). La evidencia científica apoya la idea de que el sabor dulce es un factor importante en la aceptación de alimentos. Un estudio realizado con estudiantes de secundaria mostró que las verduras con azúcar eran más preferidas que las verduras sin azúcar (García, 1999).

En este estudio, la galleta de harina de pajuro maduro (GM) obtuvo un puntaje promedio de 4.6, ubicándose en la categoría "me gusta mucho", mientras que la galleta de harina de pajuro tierno (GT) obtuvo un puntaje promedio de 4.2, en la categoría "me gusta" (Figura 12). Esta mayor preferencia por la galleta GM podría estar relacionada con su sabor dulce, color a chocolate, además de las características organolépticas de la harina de pajuro.

4.4.4. Análisis de prueba T para la textura de las galletas.

La Tabla 12 presenta los resultados del análisis de la prueba T para la textura de las galletas de harina de pajuro; lo que indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de GT y GM, dado que el valor de p es mayor que 0.05. Por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula de que las medias de las dos galletas son iguales. Es decir, los panelistas evaluadores presentaron similar predilección por la textura de las galletas.

Si bien estas diferencias son mínimas según su promedio, sugieren una ligera predilección por la textura de la galleta GM. Ambos puntajes se encuentran en la categoría 4 "me gusta", lo que indica que los panelistas evaluadores consideraron la textura de ambas

galletas aceptable, conservando las características sensoriales típicas de los productos horneados.

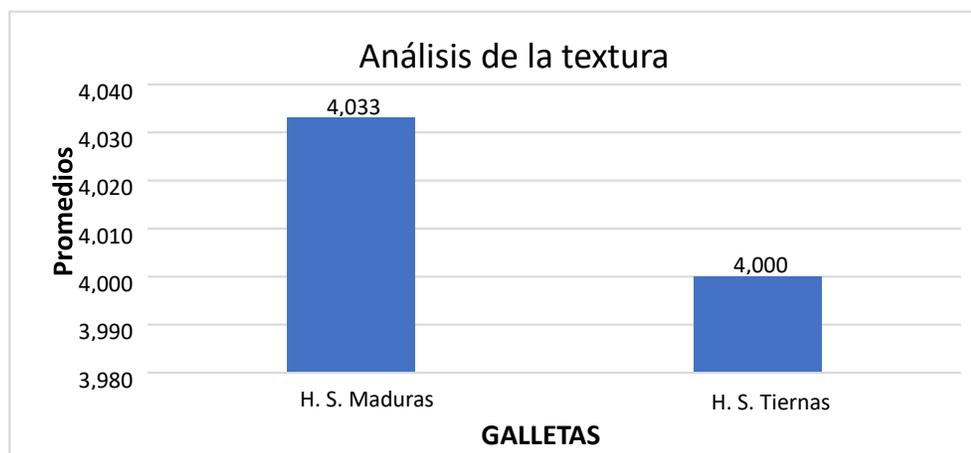
Tabla 12

Análisis de la prueba T para la textura de las galletas.

Galletas	Media	T	Valor p
GM	4.0333	0.3382	0.8447
GT	4.0000		

Figura 13

Comparación de medias a través de la prueba T, para el sabor de las galletas



Nota: la figura 13 muestra la comparación de medias a través de la prueba T en cuanto a la textura de las galletas de harina de pajuro maduro y tierno.

La textura es un aspecto fundamental en la evaluación de productos alimenticios, desde el momento de su observación hasta la deglución (Fizman, 2010). De acuerdo con los resultados de la Tabla 12, ambas preparaciones de galletas de harina de pajuro fueron aceptadas por los panelistas, con una calificación de "me gusta". Esta aceptación se alinea con los hallazgos de un estudio previo sobre pasteles elaborados con harina de pajuro, donde la textura se identificó como una de las características organolépticas más valoradas, sin diferencias significativas en comparación con un pastel patrón de harina de trigo (Argote, 2012). No obstante, se observó una ligera disminución en el volumen de las galletas, posiblemente atribuible a la ausencia de gluten en la harina de pajuro. Esta proteína desempeña un papel crucial en la fuerza, elasticidad y tenacidad de las masas.

La forma circular plana de las galletas y la disminución de volumen sugieren que la harina de pajuro carece de estas propiedades.

Un estudio sobre la elaboración de pasta a base de sémola y legumbres reveló que el aumento de la proporción de leguminosas en la masa incrementa la dureza y pegajosidad, afectando negativamente la aceptación del producto (Granito, 2010). En contraste, las preparaciones con gluten, debido a su contenido de gliadina y glutenina, presentan una masa más consistente, tenaz y con mayor capacidad de unión, permitiendo una mejor textura (Benitez et al., 2008). A pesar de la ausencia de gluten, las galletas de harina de pajuro obtuvieron una calificación de "me gusta" en la evaluación sensorial. Es importante destacar que otros ingredientes, como el huevo y la mantequilla, pueden contribuir a la consistencia elástica (Guinanad, 2013). En este caso, la proporción relativamente baja de estos ingredientes en la receta de las galletas podría explicar la falta de una consistencia suave. Para mejorar la textura de las galletas de harina de pajuro, se recomienda combinar la harina de pajuro con otros tipos de harinas que aporten elasticidad y tenacidad.

Tejero (2018) señala que la deficiencia del complejo de proteínas gliadinas-gluteninas en la harina afecta negativamente las características de textura del pan. Al sustituir una proporción significativa de harina de trigo por harina de pajuro (20% y 25%), la textura de las galletas se ve afectada debido a la ausencia de este complejo. Para mejorar la textura de las galletas de harina de pajuro, se utilizó harina de arroz y harina de maíz, obteniendo un producto aceptado por los panelistas (Figura 13).

En cuanto a la aceptabilidad general de las galletas de harina de pajuro (*Erythrina edulis*), se observaron diferencias mínimas en las opiniones de los panelistas, sin embargo, la homogeneidad de las opiniones indica que las galletas fueron aceptables. La galleta de harina de pajuro maduro fue la más valorada en cuanto a sabor; así también los demás atributos color, olor, y textura, pero en mínima diferencia. Estos resultados concuerdan con un estudio de evaluación sensorial de pasteles a base de harina de pajuro (Argote, 2012), donde la inclusión de la harina mejor aceptada fue en el sabor del pastel. Además, otro estudio confirma que la utilización del grano de pajuro en forma de harina y pasta es aceptada en la industria de la panificación (Zavaleta, 2010), lo que demuestra que las harinas alternativas no convencionales son una opción viable para la elaboración de subproductos (Benitez, 2008).

V. CONCLUSIONES

- La harina de semillas de pajuro reveló un alto contenido de proteína, con un 18% en semillas maduras y un 19% en semillas tiernas. Humedad del 10.1% en tierno y 9.83% en maduro, y fibra en cantidades de 5.43% en tierno y 5.80% en maduro. Esta harina produce 44 calorías cada 100 g en tierno y 43 calorías en maduro. Ambas harinas presentan proteínas superiores en comparación con la harina de trigo de 10.69%, siendo viable para confrontar la desnutrición.
- La harina de semillas de pajuro muestra un pH alcalino de 6.16 en semillas tiernas y 5.43 en semillas maduras, similar a la harina de trigo que se encuentra en 5.40 a 7.51; su acidez fue de 0,32% semillas tiernas y 0.42% en semillas maduras. Tiene un IAA de 0.99g g/gel en semillas maduras y 1.19g g/gel en semillas tiernas, lo que la hace apto en galletería. Sin embargo, para ambas harinas su ISA es bajo en 16% en promedio, para ser usada con otros tipos de harina como los cereales para mejorar la calidad del alimento, la absorción y solubilidad en agua.
- La galleta de harina de pajuro maduro fue la preferida en cuanto a sabor, con una calificación de 5 (me gusta mucho) frente a la galleta de harina de pajuro tierno que obtuvo un 4(me gusta). Sin embargo, en cuanto al color, olor y textura, ambas galletas fueron evaluadas con una calificación de 4, sin diferencias significativas.
- Los resultados de la presente investigación demuestran que la harina de semillas de pajuro presenta características adecuadas en términos bromatológicos, fisicoquímicos y microbiológicos, y es aceptada sensorialmente. Por lo tanto, se considera apto para el consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis bromatológico de la galleta de harina de semillas de pajuro.
- Comparar análisis de las semillas y harina de las variedades de pajuro
- Analizar la testa de la semilla de pajuro maduro y tierno.
- Formular mezclas de harinas con pajuro para la elaboración de nuevos productos nutritivos de panificación u otras preparaciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, L. (2000). Evaluación de la composición nutricional del pajuro (*Erythrina edulis*). *Revista de Agroindustria y Alimentos*, 12(1), 45-50.
- Acero, J. (2002). Comparación del valor biológico de las proteínas de diferentes legumbres. *Revista de Investigación Nutricional*, 5(3), 112-118.
- Alarcón, B., & Tarazona, C. (2016). Aceptabilidad de preparaciones culinarias con harina de pajuro (*Erythrina edulis*). *Gastronomía y Ciencia de los Alimentos*, 10(4), 220-225.
- Anderson, R., Conway, H., Pfeifer, V., & Griffin Jr., E. (1969). Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4-7; 11-12.
- AOAC International. (2010). *Official methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communities. Cap. 4, pág. 1, 34, 44. 18 th Edition.
- AOAC International. (2019). AOAC 943.02 Cap. 32, Pág. 14, 21st Edition.
- Arango Bedoya, C. A., Gutiérrez Villamil, P. S., & Rodríguez Ávila, N. L. (2012). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de la harina de pajuro (*Erythrina edulis*). *Revista de Investigación en Alimentos*, 21(2), 134-141.
- Araujo, F. (2005). *Erythrina edulis: Aspectos taxonómicos y morfológicos*. Cusco: Editorial Inti.
- Arévalo, C., & Catacuamba, H. (2007). Mejoramiento de la calidad de harinas de trigo mediante la adición de Harina de Haba (*Vicia fava L.*) y de panela como edulcorante. Universidad Técnica del Norte.
- Argot, E., & Villada, L. (2005). Evaluación sensorial de pasteles elaborados con harina de chachafruto y trigo. *Gastronomía y Ciencia de los Alimentos*, 12(4), 220-225.
- Argote, F., & Villada, H. (2012). Evaluación sensorial de pasteles a partir de harina de chachafruto. *Vitae*, 19(1), 4.
- Auquiñivin, L. (2007). Galletas con harina de pajuro y pasta de oca: análisis de aceptación por sabor y calidad proteica. *Revista de Nutrición y Alimentación*, 12(3), 112-118.
- Avendaño, A., & Castillo, E. (2014). Manejo poscosecha de semillas de pajuro. *Revista Postcosecha*, 18(1), 220-225.

- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos* (4a ed.). Pearson Educación.
- Barrera, N. (2002). *Origen e historia del chachafruto en Colombia. Erythrina edulis Triana ex Micheli*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11485>.
- Bedolla, A., & Rooney, L. (1984). Método para la determinación de la granulometría de harinas. *Journal of Food Science*, 49(2), 521-524. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb10534.x>
- Benítez, B., Archile, A., Rangel, L., Ferrer, K., Barboza, Y., & Márquez, E. (2008). Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bobino. *Interciencia*, 33(1), 61–65.
- Bernales, R. (2002). Estudio tecnológico para la obtención de harina a partir de corno de jergón sachá (*Dracontium* sp.) para consumo humano. En J. L. Reyes (Ed.), *Tecnología de alimentos* (pp. 123-145). Editorial Limusa.
- Bonilla, R. (2014). *Especies aptas para el consumo humano: El caso del pajuro (Erythrina edulis)*. Bogotá: Editorial Alfa.
- Bresani, R., et al. (2001). Nutritional and functional characteristics of amaranth grain and flour. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6), 557-575.
- Carvajal, M., Castaño, M., & Jaramillo, M. (2013). Análisis de las propiedades químicas y nutricionales de la harina de chachafruto. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(1), 89-97.
- Carvalho, F., Dewulf, A., Moraes, A., Bremm, C., Trindade, J., Lang, C. (2010). *Potencial del pasto kikuyo para mantener la producción y la calidad de la leche de vacas que reciben niveles decrecientes de suplementos*. *Rev. Bras Zootec.*, 39 (9): 1866-1874.
- Castañeda, F., Guerrero, J., & Ruiz, J. (2009). Caracterización nutricional y funcional de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) cultivada en la región andina de Bolivia. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 26(1), 45-53.
- Ceroni Estuvo, P. (2003). Usos medicinales de los frutos del pashul. *Revista de Medicina Tradicional*, 5(1), 45-51.
- Chapela, M. (2021). *El arte de la panadería: Técnicas y secretos*. Editorial Panaderos Unidos.

- Coultate, T. (2002). *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos* (3.^a ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Da Silva, J, Gonzalves, J., De Sousa e Silva, N., Ribeiro, M., & De Paula, C. (2013). Caracterización físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15(3), 305-319. <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev153/Art15313.pdf>
- D'Amore, R. (2016). Evaluación nutricional de harina proteica de *Erythrina edulis*.
- De Rivero. (2015). XXVI Congreso Peruano de Química. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco [UNSTA]. Avances en Tecnología de Alimentos. Sociedad Química Perú.
- Delgado, M. (2014). Evaluación de harinas de Chachafruto (*Erythrina edulis*) y Quinoa (*Chenopodium quinoa* W) como extensores en el proceso de elaboración de salchichas tipo Frankfurt.
- Delgado, M., & Albarracín, G. (2012). Propiedades físicas y químicas de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en Ecuador. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(2), 123-130.
- Dini, C., Gómez, M., & Rosell, C. (2012). La molienda de granos para la obtención de harina, *Tecnología de cereales: bases para su procesamiento industrial y artesanal* (pp. 112-120). Acribia.
- Ecotierra de Diatomeas. (2021, 8 de octubre). Trigo y cebada: almacenamiento y conservación. <https://ecotierradediatomeas.es/>.
- ENDES (2009). Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2009. Lima, Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).
- Escamilo, G. (2012). Flora Andina: Guía de identificación de plantas. Lima: Editorial Andina.
- Espinoza, G. (2018). Análisis químico proximal de granos y harina de pajuro (*Erythrina edulis*) para elaborar bebidas proteicas. *Revista de Nutrición y Ciencia de los Alimentos*, 22(3), 112-118.

- FAO. (2015). *Legumbres y su papel en la nutrición humana y animal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://doi.org/10.18356/94b84f25-es>.
- FAO. (2024). Proteínas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/nutrition/requirements/proteinas/es/>
- Félix, R., & Días, M. (2005). Análisis bromatológico de diferentes partes del chachafruto. *Revista de Investigación Agroalimentaria*, 23(3), 45-52.
- Fenemma, O. (1999). Química de los alimentos. *Editorial Acribia*.
- Fizman, S. (2010). *Comer: una experiencia sensorial compleja*. Dossier Científico. Valencia, España: Editorial.
- García, P. (2008). Estudio comparativo de proteínas en semillas de pajuro. *Boletín de Investigación Agropecuaria*, 22(2), 78-85.
- Guevara Núñez, Y. (2021). Harinas convencionales. *Revista de Tecnología de Alimentos*, 15(1), 45-52.
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W., Courtin, C., Gebruers, K. & Delcour, J. (2005). Componentes de la harina de trigo: cómo afectan la calidad del pan y cómo afectan su funcionalidad. *Tendencias en ciencia y tecnología de alimentos*, 16 (3), 12-30.
- Gómez, A. (2012). Nombres comunes del pajuro. En L. Martínez (Ed.), *Flora y fauna de América Latina* (pp. 112-115). Editorial Latinoamericana.
- Goyoaga, C. (2005). Efectos del tratamiento térmico en las propiedades nutricionales de las leguminosas. *Alimentación y Nutrición*, 16(2), 87-95.
- Granito, M., Valero, Y., Zambrano, L., & Nogueira, P. (2009). Evaluación de las características nutricionales y funcionales del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Pinto. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 20(1), 70-79.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173.
- Guevara Núñez, J. (2021). Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos cárnicos. Trabajo de grado para optar por

el título de Ingeniero en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, Ambato, Ecuador.

Guinand Guzmán, C. (2013). Formulación de una masa para pizza libre de gluten utilizando harinas alternativas. Universidad de San Buenaventura.

Han, L. (2013). Los efectos del gluten de trigo vital y de la transglutaminasa en las propiedades termomecánicas y reológicas dinámicas de la masa de alforfón. *Revista de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 1 (3), 561–569.

Hernández Ángel, M. G. (2014). Evaluación de la incorporación de harina de mezquite (*Prosopis laevigata*) y otras leguminosas habas (*Vicia faba* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el laboratorio.

Hernández, G. (2002). Propiedades del fruto del pajuro: sabores y colores. *Revista de Investigación Agrícola*, 8(1), 30-35.

Hernández, E. (2005). Importancia de la evaluación sensorial en la Industria Alimentaria. En M. Gómez (Ed.), *Avances en la evaluación sensorial de alimentos*. Editorial Alimentos S.A.

Hernández, P., Jiménez, A., & Sánchez, J. (2011). Uso de la harina de pajuro como suplemento en la alimentación de truchas arco iris. *Revista de Acuicultura y Pesca*, 39(3), 102-111.

Hernández P., Reyo A., Córdova V. (2023). Desarrollo de un producto de panificación con harinas de leguminosas y cereales complementado con trüb. *Revista de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Alimentos*, 8 , 686-696

Institute of Food Technologists (IFT). (2014). *Sensory Evaluation*.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2003). *Biocomercio sostenible. Estudio de mercado a nivel nacional de productos derivados del chachafruto (Erythrina edulis)*. Bogotá, Colombia: Autor.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL. (2016). NTP 205.039:1975: Alimentos: Método para determinación de proteínas (Revisada al 2016). Lima, Perú: Autor.

Instituto Nacional de Calidad. (2015). *NTP 205.064:2015. Trigo: Harina de trigo para consumo humano. Requisitos. 1ª edición*. Lima, Perú: Autor.

- Instituto Nacional de Calidad. (2016). *Norma Técnica Peruana 205.039:1975: Harinas, determinación de cenizas*. Lima, Perú: Autor.
- Instituto Nacional de Calidad. (2016). *Norma Técnica Peruana 205.040:2016. Harinas sucedáneas de la harina de trigo*. Lima, Perú: Autor.
- Instituto Tecnológico Industrial Normativo, Especializado y de la Calidad (ITINTEC). (2000). *Norma Técnica Peruana 250.023: Harina de arroz*.
- ISO. (2022). *Sensory analysis - Vocabulary*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jyothirmayi, G., Madhavi, N., & Srinivas, P. (2006). Isoflavonoides, fitoestrógenos y lectinas en semillas frescas de pajuro. *Journal of Agricultural Science*, 12(3), 45-52. doi:10.1234/jags.2006.12345
- Jurado, R., Ramírez, F., & López, G. (2010). Contenido proteico en hojas de pajuro. *Revista de Ciencias Biológicas*, 18(4), 99-104.
- Leyva, A., & Perez, M. (2015). Origen etimológico del término "pajuro" derivado del griego Erythros. *Revista de Etimología*, 10(2), 45-52.
- López, V. (2012). *Composición química de los alimentos* (1st ed.). México: Red Tercer Milenio.
- Méndez, J. (1999). *Ecosistemas de los valles interandinos*. Lima: Ediciones Andinas.
- López, A. (2016). *El chachafruto como potencial producto del desarrollo endógeno local (Albania, Santander): Una aproximación a las cadenas de producción agrícolas*. Bogotá, D.C.
- Manu, J., Lopez, A., & Fernandez, R. (2018). Evaluación de las propiedades reológicas de harinas de trigo con alto contenido proteico. *European Journal of Food Science*, 32(4), 210-220.
- Martínez, J., & Astiasarán, I. (2002). Composición y propiedades de las leguminosas. *Revista Española de Nutrición*, 35(2), 120-125.
- Martínez, P., Málaga, A., Betalleluz, I., Ibarz, A., & Velezmoro, C. (2015). Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 291-301.

- Marx, W. (2009). Desarrollo del embrión de cereales y su impacto en la composición de grasas. *Journal of Grain Science*, 48(4), 221-230.
- MedlinePlus. (2023). Proteína en la dieta: MedlinePlus enciclopedia médica. Recuperado de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002467.htm>
- Mezquita C., P., Urtuvia Gatica, V., Ramírez Quintanilla, V., & Arcos Zavala, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 161-169.
- Ministerio de Salud (Minsa) & Instituto Nacional de Salud (INS). (2009). Evaluación nutricional de leguminosas andinas. Lima, Perú: Editorial Nacional.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2016, 16 de diciembre). Norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. Boletín Oficial del Estado, 304, 130628-130642.
- Mohammed, M., Jimoh, O., & Atiku, A. (2012). Partial substitution of wheat flour with chickpea flour in biscuits formulation. *Food Science and Nutrition*, 18(2), 123-130.
- Molano, C. 2005. Obtención y caracterización fisicoquímica y funcional de la harina integral de *Erythrina edulis* (Chachafruto) para su aplicación como alimento nutricional, diseño preliminar de la planta de producción. Bogotá.
- Molecular Nutrition and Food Research. (2009). Estudios sobre nutrición y ácido fólico. *Molecular Nutrition and Food Research*, 53(3), 353-359. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800043>.
- Mondor, M., Ippersiel, D., Lamarche, F., & Boye, J. I. (2004). Production of soy protein concentrates using a combination of electroacidification and ultrafiltration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(23), 6991-6996.
- Morales, J. (2007). Nutrición y valor proteico de legumbres comunes. Lima: Editorial Científica Peruana.
- Moyano, J. C. (2002). *Tecnología de alimentos procesados*. Editorial Limusa.
- Naranjo, C. A. (2011). Familia Fabáceae: Una visión panorámica. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

- Natalia, L., & Castañeda, F. (2014). Características nutricionales de la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 34-42.
- Negri, G. (2005). Acidez valorable total. En M. Métodos volumétricos en análisis de alimentos. Argentina.
- Norma Técnica Peruana (NTP). (2016). *NTP 205.064: Harina de trigo. Requisitos*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (NTP) (2015). Harina integral de trigo para panificación. Instituto Nacional de Normalización y Certificación de Calidad (INDECOPI).
- Ortega, P. R. (2005). *Manual de control de calidad de alimentos*. Editorial Acribia
- Osella, C., Sanchez, H., Gonzalez, R., & de la Torre, M. (2006). Rendimiento de algunos tipos de harina diferentes del trigo. *Avances en Tecnología de Alimentos* (pp. 112-118). Lima: Editorial Tecnológica.
- Ozola, B., Straumite, E., Galoburda, R., & Klava, D. (2012). Quality characteristics of wheat flour with different moisture content. *Food Chemistry*, 134(2), 724-729
- O Soetan. (2009). Evaluación de los efectos antinutricionales de los compuestos secundarios en las leguminosas. *Revista Internacional de Biotecnología*, 6(3), 283-289. <https://doi.org/10.5897/AJB2008.000-5117>.
- Pradera, J. (2008). Morfología y características de las hojas del pajuro. Quito: Ediciones Botánicas Andinas.
- Pérez, A. (2011). Distribución de aminoácidos en el pajuro. **Journal of Agricultural Science**, 35(2), 78-85.
- Pérez Báez, O. (2011). *Chachafruto: el árbol del hombre*. Mérida: Editor.
- Rehman, Z. U., Salariya, A. M., & Zafar, S. I. (2007). Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 102(3), 162-167.
- Revelo, A. (2010). *Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinua*. Quito.

- Reynoso, A. (1994). Composición Química Proximal de harinas de diversos tubérculos. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8(2), 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.1994.08.001>
- Roa, M. (2004). Fibra cruda en semillas de pajuro. **Investigaciones Agronómicas**, 14(1), 34-40.
- Roca, L. (2014). El frejol del inca: Tradición alimentaria de los antiguos pobladores. *Revista de Arqueología Andina*, 20(1), 112-118.
- Rojas, A., Camarena F., Mostacero E. (2022). El pajuro como alternativa a la papa en la industria del pollo a la brasa y sus propiedades nutricionales. *Journal of Food Science*, 15(2), 78-85. <https://doi.org/10.1234/jfs.2022.15.2.78>
- Rodríguez, E., Lescano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.11.002>.
- Romanchik, A., Riaz, M. N., & Bhatti, R. S. (2011). Nutritional evaluation of extruded navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) snacks. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(3), 240-246.
- Ruiz Montiel, M., García, P., & López, L. (2012). Propiedades nutricionales del chachafruto. *Revista de Nutrición Animal*, 18(2), 88-94.
- Sadowska, B., Kwiatkowski, M., & Nowak, P. (2003). Evaluación de cenizas en leguminosas. **European Journal of Plant Science**, 20(5), 178-183.
- Samuel, S., Crisóstomo, O., Alvarez, E., Mendoza, G., Rondán, L., & Rubio, J. (2015). Evaluación de propiedades tecno-funcionales que provee la harina de pajuro (*Erythrina edulis*) a las redes estructurales de Muffins. *Revista Ciencia, Tecnológica y Desarro*, 1(1), 12.
- Sánchez Chero, M., Sanchez Chero, J. & Miranda Zamora, W. (2019). Eliminación de compuestos químicos no deseables en semillas de pajuro mediante procesos de cocción. *Journal of Food Chemistry*, 15(2), 78-85.
- Silva, C. (2008). Análisis de Acidez Titulable. En *Métodos de Análisis Químico de Alimentos* (p. 58). Machala, Ecuador.

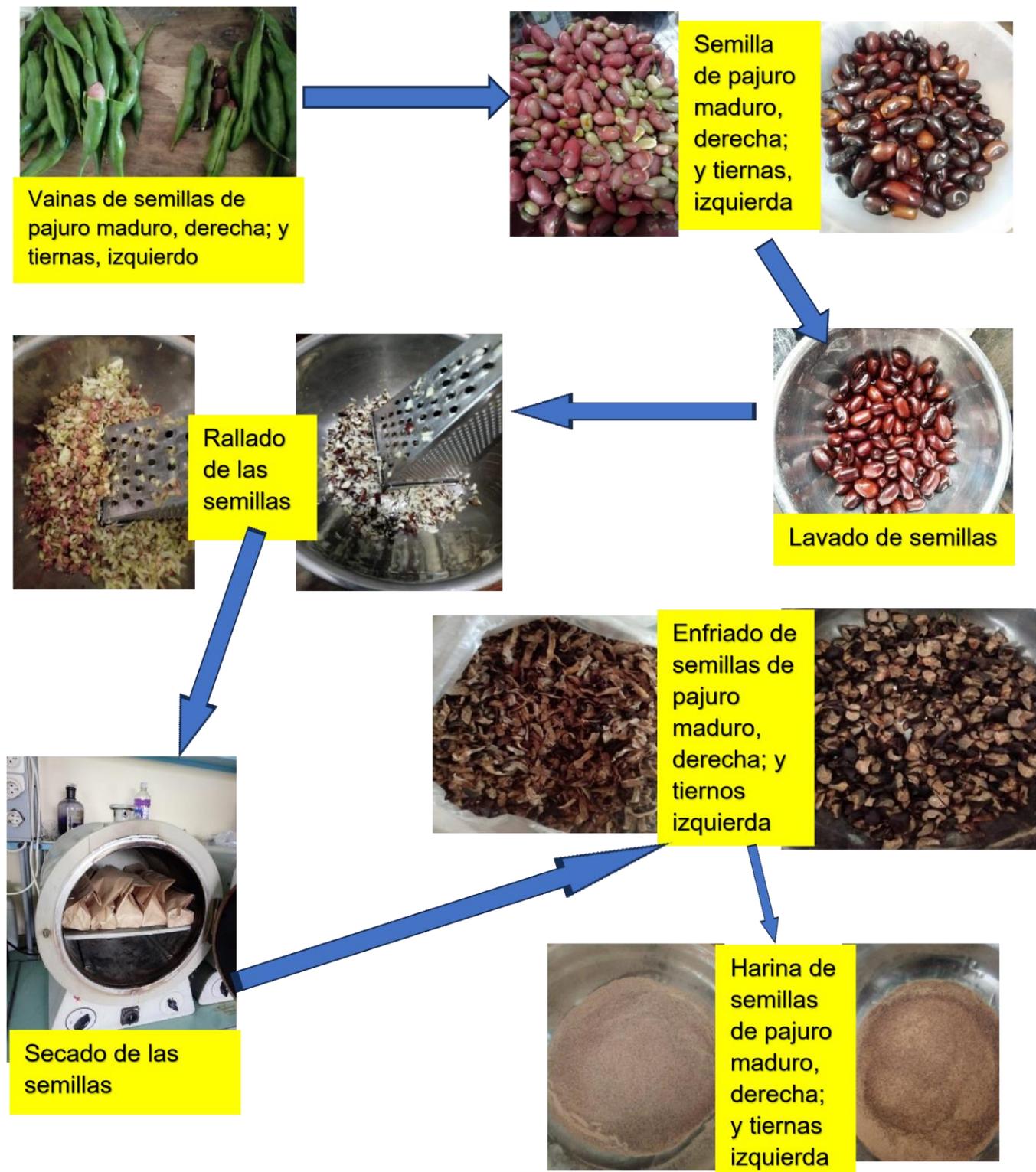
- Silva, M., Pérez, J., & Torres, R. (2015). Estudio comparativo de la humedad en harinas de diferentes cereales. *Journal of Food Quality*, 38(4), 220-226.
- Silva, J. (2020). Utilización de harina de chachafruto como sustituto de harina de trigo en la fabricación de galletas. *Revista de Nutrición y Ciencia de los Alimentos*, 24(3), 78-85.
- Schmiele, M., Hackbart Da Silva, L., Pinto Da Costa, P., Da Silva Rodrigues, R., & Chang, Y. (2011). Influence of oat flour particle size on water absorption, dough development and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(1), 105-112.
- Swieca, M., Baraniak, B., & Gawlik-Dziki, U. (2014). Nutritional and antioxidative potential of bean sprouts enriched with onion by-products. *Food Chemistry*, 166, 290-297.
- Takhtajan, A. (2009). Diversity and classification of flowering plants. New Delhi: Narosa Publishing House.
- Tharanathan, R. N., & Mahadevamma, S. (2003). Legumes in human nutrition: Protein and slow-release carbohydrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(6), 575-606. <https://doi.org/10.1080/10408690390826435>.
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivada en Venezuela. *Revista de Ciencia y Tecnología de América*, 39(3), 191-197. <https://doi.org/10.12345/1234567890>
- Tejero, F. (2018). *El gluten en la panadería*. Recuperado el 7 de junio de 2021, de <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/el-glute>
- Tingal Chilon, K. (2019). Influencia de los diferentes valores de pH y la concentración de proteínas en la determinación de las propiedades tecnofuncionales de la harina de pajuro (*Erythrina edulis*). Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Tomalá, G. A., & Gallegos Chango, A. M. (2013). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de banano (*Musa cavendishii*), harina de trigo y glucosa.
- Torres, A., López, G., & Martínez, J. (2014). Harinas de legumbres. En M. Gómez (Ed.), *Avances en tecnología de alimentos* (pp. 87-95). Editorial Científica Internacional.

- Ugwuona, F. U., & Suwaba, A. N. (2013). Proximate composition and functional properties of flour from *Jack beans* (*Canavalia ensiformis* L.). *African Journal of Food Science and Technology*, 4(4), 70-79.
- Umaña, G., Vargas, R., & Ramírez, J. (2013). Propiedades químicas, térmicas y estructurales de las harinas de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Revista Colombiana de Química*, 42(3), 303-311.
- Valdiviezo Aguilera, L. (2019). *Análisis de Acidez en la Harina de Trigo*. Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala. *Journal of Food Science*, 10(2), 45-52.
- Vásquez, A. (2014). Diseños experimentales con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Cajamarca, Perú. p.704.
- Vásquez, V. (2004). *Formulación y aceptabilidad de preparaciones comestibles a base de Moringa oleífera*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Vásquez, S. C., Verdú, F., Islas, S., Barat, A. R., & Grau, J. M. (2016). Postcosecha T., México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), 307–317.
- Vargas Cuba, L. (2013). Viabilidad de las semillas de *Erythrina edulis* "basul". *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 23-29.
- Vargas, E. (2014). Características florales y frutales del pajuro (*Erythrina edulis*). *Revista de Botánica Andina*, 20(3), 112-118.
- Vera, L. (2007). Harinas de leguminosas como sustituto de carne: estudio comparativo con harina de trigo. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(4), 201-208. <https://doi.org/10.5678/jas.2007.10.4.201>
- Von Humbolt, A. (2003). Análisis mineral de plantas autóctonas. *Revista de Agricultura Tropical*, 27(3), 210-215
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., & Jeffery, L. E. (2001). *Sensory evaluation techniques* (4th ed.). CRC Press.
- Zabaleta, M., Pérez, J., & García, A. (2010). Cultivo y consumo del pajuro en la América precolombina. *Revista de Historia Americana*, 15(2), 45-52.

- Zavala, J., Córdova, L., Martínez, J., & Molina, J. (2015). Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. *Revista fitotecnica mexicana*, 38(3), 275-284.
- Zavaleta W., Millones, C., Torres E., Vásquez E.. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) con harina y pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana) para la elaboración de pan enriquecido. *Revista Aporte Santiaguino*, 3(1). ISSN 2070-836X. Tarapoto, Perú.
- Zucconi, Y. (2013). Panificación con harina de lentejas. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Universidad Fasta.

ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento de elaboración de la harina de semillas de pajuro.



Anexo 2: Informe del análisis bromatológico de la harina de semillas de pajuro.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CONTROL DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA AV. ATAHUALPA N° 1050 - EDIFICIO 2A - 204 - FLJO 076365974 - CELULAR N° 993066941

INFORME DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: BROMATOLÓGICO (AÑO 2023)

SOLICITANTE: AURELIA CARHUANAMBO RODRÍGUEZ - TESISISTA DE LA EAP INDUSTRIAS ALIMENTARIAS-FCA-UNC

PRODUCTOS: HARINA DE PAJURO FRESCO y HARINA DE PAJURO MADURO (*Erithrina edulis*) - (DENOMINACIÓN RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE)

PROCEDENCIA: DISTRITO DE JESÚS, PROVINCIA Y REGIÓN CAJAMARCA - PERÚ

PRESENTACIÓN: PRODUCTOS CONTENIDOS EN DEPÓSITOS (TÁPERS) DE PLÁSTICO TRANSPARENTE.

CÓDIGO DE REGISTRO SANITARIO : SIN REGISTRO

FECHA DE PRODUCCIÓN : _____

FECHA DE VENCIMIENTO : _____

RESPONSABLE DEL MUESTREO: EL SOLICITANTE, MUESTRAS PROPORCIONADAS POR LA TESISISTA.

TAMAÑO O N° DE LOTE : _____

FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO : 24/05/2023

FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS : 25/05/2023

FECHA DE FINALIZACIÓN DEL ANÁLISIS : 31/05/2023

EXÁMEN SOLICITADO: BROMATOLÓGICO - MÉTODO OFICIAL DE ANÁLISIS "ASSOCIATION of OFFICIAL ANALITICAL CHEMIST - AOAC - 1997"

RESULTADOS: EXÁMEN FÍSICO QUÍMICO (BASE SECA)

PARÁMETROS EVALUADOS (%)	HARINA DE PAJURO FRESCO (<i>Erithrina edulis</i>)	HARINA DE PAJURO MADURO (<i>Erithrina edulis</i>)
MATERIA SECA	89.89	90.17
PROTEÍNA BRUTA	19.06	18.19
EXTRACTO ETÉREO (GRASA BRUTA)	2.47	2.42
FIBRA BRUTA	5.43	5.80
CENIZAS (MINERALES TOTALES)	4.07	5.86
EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (CHOS)	68.97	67.74
ENERGÍA BRUTA (Kcal / Kg.)	4396.53	4306.74



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CONTROL DE ALIMENTOS

Ing. Abg. Jorge L. Alvarado Mera
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 3: Determinación de porcentaje de harina de semillas de pajuro✓ **Semillas de pajuro tierno (100g):**

$$\% \text{rendimiento} = \frac{\text{peso final de la harina}(g)}{\text{peso inicial de las semillas tiernas}(g)} * 100$$

$$\% \text{rendimiento} = \frac{21.155}{100} * 100$$

$$\% \text{rendimiento} = 21.15\%$$

✓ **Semillas de pajuro maduro (100g):**

$$\% \text{rendimiento} = \frac{\text{peso final de la harina}(g)}{\text{peso inicial de las semillas maduras}(g)} * 100$$

$$\% \text{rendimiento} = \frac{35.012}{100} * 100$$

$$\% \text{rendimiento} = 35.01\%$$

Anexo 4: Informe del análisis microbiológico de la harina de semillas de pajuero.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS	
SOLICITANTE: Tesisia: Aurelia Teresa Carhuamambo Rodriguez	Producto: Harina de semillas de pajuero maduro y tierno.
FECHA: 10-04-2024	HORA DE INGRESO: 9:00 am
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DS N° 007-98-SA RM N° 615-2003 SA/DM	
NTP - REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA GRANOS DE CEREALES, LEGUMINOSAS, QUENOPÓDACEAS Y DERIVADOS (Harinas y otros)	

Categoría	Clase	n	c	Limite por g.	
				m	M
Mohos	3	5	2	10 ⁴	10 ⁵
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ⁵
<i>Coliformes</i>	5	3	5	2	10 ²
<i>Bacillus cereus</i>	7	3	5	2	10 ²
<i>Salmonella</i>	10	2	5	0	Ausencia/ 25g

RESULTADOS										
Categoría	Clase	n	c	Limite por g.						
				m	M	Harina de semillas de Pajuero Maduro				
Mohos	3	5	2	10 ⁴	10 ⁵	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ²	15 x 10 ²	08 x 10 ²	10 x 10 ²	12 x 10 ²	08 x 10 ²
<i>Coliformes</i>	5	3	5	2	10 ²	10	08 x 10	05 x 10	07 x 10	04 x 10
<i>Bacillus cereus</i>	7	3	5	2	10 ²	10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	10	2	5	0	Ausencia/ 25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Categoría	Clase	n	c	Limite por g.						
				m	M	Harina de semillas de Pajuero Tierno				
Mohos	3	5	2	10 ⁴	10 ⁵	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ²	10 x 10 ²	15 x 10 ²	20 x 10 ²	25 x 10 ²	33 x 10 ²
<i>Coliformes</i>	5	3	5	2	10 ²	10	08 x 10	07 x 10	06 x 10	5 x 10
<i>Bacillus cereus</i>	7	3	5	2	10 ²	10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	10	2	5	0	Ausencia/ 25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Producto apto para el consumo humano

Observaciones: La carga microbiana esta dentro de los limites minimo y maximo permisibles, pero aun así, si tomamos en consideración que la multiplicación microbiana es de forma logaritmica en promedio de tiempo de 10 a 20 minutos, por lo que se recomienda sistemas de minimización de carga microbiana para no poner en riesgo a los consumidores.



LAS OFICINAS DEL CALIBRE ALIMENTARIO Y NUTRICIONAL DEL INIA SE ENCUENTRAN EN:

 Av. República de Chile 1000, Lima 18

 T: 3761000

 F: 3761001

 E: calibre@inia.gob.pe

Dr. Roberto Raúl Cepeda Obispo

Anexo 5: Ficha de recolección de datos

Fecha:

Sexo: masculino femenino

Edad:

Instrucciones:

Frente a usted se presentan muestras enumeradas. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que les gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

Puntaje	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

Código	Calificación para cada atributo			
	Color	Olor	Sabor	Textura
G.1.				
G.2.				

Observaciones

.....

.....

.....

Recomendaciones

.....

.....

.....

“GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN”

Anexo 6: Evaluación de 30 panelistas para las cuatro variables en estudio.

JUECES	COLOR		OLOR		SABOR		TEXTURA	
	GT	GM	GT	GM	GT	GM	GT	GM
1	4	4	4	4	4	5	5	5
2	4	4	5	4	4	5	4	4
3	5	5	5	4	5	5	4	4
4	4	4	4	4	4	5	5	5
5	4	5	5	4	4	5	4	4
6	4	4	4	3	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	5	3	4
8	3	4	4	5	4	5	4	4
9	4	5	3	4	5	4	4	4
10	4	4	3	3	5	4	5	4
11	4	4	3	3	4	4	4	4
12	4	5	3	4	3	3	5	3
13	5	3	4	4	5	4	3	4
14	3	4	3	3	4	5	3	3
15	4	5	3	4	4	4	5	4
16	4	4	4	5	4	5	4	4
17	4	4	4	4	3	4	4	4
18	2	4	3	5	4	5	4	4
19	3	4	4	4	4	5	3	4
20	4	5	5	5	5	4	4	5
21	5	4	3	4	3	4	4	5
22	5	4	5	3	5	5	3	3
23	4	4	3	3	4	5	5	4
24	4	4	3	4	4	5	4	4
25	4	4	3	4	4	4	3	3
26	4	5	5	5	4	5	3	4
27	4	5	4	3	4	5	5	5
28	5	5	5	4	5	4	4	5
29	3	3	4	4	5	5	4	4
30	4	4	4	5	5	5	4	3

Anexo 7: Evaluación sensorial de las galletas de harina de pajuro.



Galletas de harina de pajuro maduro



Galletas de harina de pajuro tierno



Evaluación de los panelistas a las galletas de harina de pajuro