

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA
“Alberto Cazorla Talleri”



Análisis químico proximal de granos y harina de “Pajuro”
(*Erythrina edulis*) y elaboración de una bebida
proteica con sabor a chocolate

GABY ESPINOZA CÓRDOVA

Tesis para optar el Título Profesional de
Químico Farmacéutico

Lima-Perú
2018

ASESORA

Rosario Elena Rojas Durán MD, PhD

Dedicatoria

A Dios, que guía mis pasos y
me da fuerza suficiente para
no rendirme en el camino.

A mis queridos padres Francisco y Lucila
por su valioso e incondicional apoyo que
me permitieron conseguir esta meta y
a mi hermano Frank por darme la alegría
y fuerza; ustedes son la raíz de mi vida
y el impulso constante de mi superación.

A la memoria de mi abuelita
Doña Juanita (Q.E.P.D), que
brille sobre ella la luz eterna.

Agradecimientos

Mis sinceros agradecimientos

A mis padres, Francisco y Lucila por su arduo trabajo, incansable abnegación y lucha diaria, gracias por haberme inculcado la semilla del sacrificio, esfuerzo y honestidad en todas las partes de mi vida.

A mi asesora de tesis, la Dra. Rosario Rojas Durán por haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi tesis, al mismo tiempo por la orientación y su apoyo constante en el presente trabajo de investigación, gracias por sus acertados consejos, amistad y tiempo.

A la MSc. Candy Ruiz Martel y la Lic. Rosario Portales Gutarra por su apoyo con el uso de instrumentos y equipos en el proceso experimental, mi aprecio y gratitud por su tiempo, conocimiento y todo lo que aprendí de ustedes.

A mí querida Facultad de Ciencias y Filosofía y a la Universidad Peruana Cayetano Heredia quienes me albergaron 5 años en sus aulas, mi eterno reconocimiento y a los miembros del jurado por sus oportunos comentarios y precisas observaciones.

A CIENCIACTIVA-CONCYTEC por el financiamiento otorgado para el desarrollo del presente trabajo de tesis, bajo el marco del convenio 134-2015-FONDECYT (Círculo de Investigación en Biodiversidad y Gastronomía).

Finalmente quiero agradecer a mi camarada María por los 5 años de convivencia universitaria y a todas aquellas personas que de alguna manera u otra han hecho posible la realización del presente trabajo de investigación.

Gaby Espinoza Córdova

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Formulación de las diferentes mezclas proteicas.	38
Tabla N° 2 Análisis químico proximal del grano y harina de Pajuro (<i>Erythrina edulis</i>) en base seca.....	42
Tabla N° 3 Contenido de macrominerales en el grano y harina de Pajuro	43
Tabla N° 4 Contenido de oligoelementos en el grano y harina de Pajuro	43
Tabla N° 5 Resultado de las preferencias de degustación del panel de cata	45
Tabla N° 6 Resultado de la Prueba de Friedman	46
Tabla N° 7 Resultado de la diferencia entre las 3 bebidas proteicas por la Prueba de Friedman.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Partes de la especie <i>Erythrina edulis</i>	15
Figura N° 2 Árbol de <i>Erythrina edulis</i>	16
Figura N° 3 Hoja de <i>Erythrina edulis</i>	17
Figura N° 4 Flor de <i>Erythrina edulis</i>	18
Figura N° 5 Frutos de <i>Erythrina edulis</i>	19
Figura N° 6 Semillas de <i>Erythrina edulis</i> de color marrón oscuro y rosado	20
Figura N° 7 Cocción de los granos de Pajuro.....	29
Figura N° 8 Secado de los granos de Pajuro mediante estufa	30
Figura N° 9 Molino de rodillos marca corona	30
Figura N° 10 Molino de cuchillas marca Restch	31
Figura N° 11 Harina de Pajuro obtenida por el molino de rodillos	41
Figura N° 12 Harina de Pajuro obtenida por el molino de cuchillas	41
Figura N° 13 Bebida preferida por el panel no entrenado.....	47
Figura N° 14 Bebida preferida según el sexo de los panelistas	48
Figura N° 15 Bebida preferida según grupos etarios	48

ABREVIATURAS

%: Porcentaje

°C: Grados Celsius

cm: Centímetros

g: Gramos

kg: Kilogramos

m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

m: Metros

mg: Miligramos

min: Minutos

mL: Mililitros

N: Normalidad

pH: Potencial de Hidrógeno

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	12
1.1.	Aspectos taxonómicos de la especie <i>Erythrina edulis</i>	13
1.1.1.	Clasificación Botánica de la especie <i>Erythrina edulis</i>	13
1.1.2.	Estudio Botánico de la <i>Erythrina edulis</i>	14
1.1.2.1.	Características de la Familia Fabaceae	14
1.1.2.2.	Generalidades.....	14
1.1.2.3.	Descripción de la planta.....	15
1.1.2.4.	Cultivo y propagación.....	20
1.1.2.5.	Rendimiento de la especie <i>Erythrina edulis</i>	22
1.1.2.6.	Usos de la especie <i>Erythrina edulis</i>	22
II.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS	24
2.1.	Pregunta de Investigación.....	24
2.2.	Objetivos.....	24
2.2.1.	General	24
2.2.2.	Específicos	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1.	Métodos y/o Equipos	26
3.2.	Métodos.....	26
3.2.1.	Colecta de la muestra	26
3.2.2.	Obtención de la harina de Pajuro.....	27
3.2.3.	Análisis proximal.....	31
3.2.3.1.	Prueba de humedad	32
3.2.3.2.	Determinación de Cenizas.....	32
3.2.3.3.	Determinación de Proteínas.....	33

3.2.3.4.	Determinación de Grasas Totales.....	35
3.2.3.5.	Contenido de Fibras Totales	36
3.2.3.6.	Determinación de Porcentaje de Carbohidratos.....	37
3.2.4.	Determinación de Macrominerales y Oligoelementos	37
3.2.5.	Elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate	38
3.2.6.	Pruebas Sensoriales.....	39
IV.	RESULTADOS	41
4.1.	Obtención y rendimiento de la harina de Pajuro	41
4.2.	Análisis proximal de las muestras	42
4.3.	Contenido de Macrominerales y Oligoelementos.....	43
4.4.	Elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate y análisis de las Pruebas Sensoriales.....	44
V.	DISCUSIÓN.....	49
VI.	CONCLUSIONES	54
VII.	BIBLIOGRAFÍA	55

RESUMEN

Esta investigación buscar dar a conocer la composición químico-proximal de los granos y la harina de “Pajuro” proveniente de la provincia de Oxapampa y, a base de la última, proponer la elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate a ser degustada y evaluada por un panel de cata no entrenado.

Los granos de Pajuro fueron colectados y siguieron el siguiente proceso para la obtención de la harina: limpieza, lavado, pelado, sancochado, cortado, secado, molienda y tamizado.

Tanto el grano como la harina de Pajuro fueron caracterizados mediante análisis químicos, obteniendo valores tales como 87.20% y 2.57% de humedad, 1.64% y 0.89% de grasa, 11.59% y 5.84% de cenizas, 1.42% y 6.25% de fibra, 50.08% y 69.89% de carbohidratos, 35.27% y 17.13% de proteínas, respectivamente.

A partir de la harina de los granos de Pajuro se desarrollaron 3 mezclas de bebida proteica con sabor a chocolate las cuales fueron evaluadas sensorialmente por un panel de cata no entrenado. La formulación con mayor aceptación fue la codificada con el número 27, la cual consistía en 3 g de harina de Pajuro, 8 g de leche en polvo, 4 g de azúcar en polvo, 0.6 g de pectina y 0.75 de cacao en polvo en 100 mL de agua.

El presente trabajo contribuye en dar a conocer al Pajuro proveniente de Oxapampa como una buena fuente de proteína vegetal y propone la elaboración de una bebida proteica a base de la harina de los granos de Pajuro con el fin de fomentar su consumo y poder ayudar así a reducir los niveles de desnutrición de la población.

Palabras clave

Pajuro, *Erythrina edulis*, harina, bebida proteica, leguminosa, análisis químico-proximal, proteínas.

ABSTRACT

This research seeks to determine the chemical-proximal composition of the grains and flour of the "Pajuro" from the province of Oxapampa and, based on the latter, propose the elaboration of a protein drink with chocolate flavor to be tasted and evaluated by an untrained tasting panel.

The grains of the Pajuro were collected followed the following process in order to obtain the flour: cleaning, washing, peeling, boiling, cutting, drying, grinding, and sieving.

Both the grain and flour were characterized by chemical analysis, obtaining values such as 87.20% and 2.57% for humidity, 1.64% and 0.89% for fat, 11.59% and 5.84% for ash, 1.42% and 6.25% for fiber and 50.08%, 69.89% for carbohydrates, 35.27% y 17.13% for proteins, respectively.

Three formulations of chocolate flavored protein drink were developed from the flour of Pajuro grains, which were sensory evaluated by an untrained tasting panel. The formulation with greater acceptance was the one coded with the number 27, which consisted of 3 g of Pajuro flour, 8 g of milk powder, 4 g of powdered sugar, 0.6 g of pectin, and 0.75 of cocoa powder in 100 mL of water.

The present work contributes to show the Pajuro from Oxapampa as a good source of vegetable protein and proposes the elaboration of a protein drink based on the flour of Pajuro grains in order to promote their consumption and thus be able to help reduce levels of malnutrition in the population.

Keywords

Pajuro, *Erythrina edulis*, flour, protein drink, legume, chemical-proximal analysis, proteins.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país son latentes los altos niveles de desnutrición, anemia y otros problemas de alimentación. Según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar - ENDES (2009), las poblaciones rurales presentan un 44.7% de desnutrición, mientras que las urbanas un 16% (1).

La FAO (2015) refiere que la desnutrición es aquella situación en la que una persona no es capaz de consumir alimentos suficientes para satisfacer sus necesidades dietéticas mínimas diarias en un periodo anual (2).

Para evitar la desnutrición, existen macronutrientes y micronutrientes que son importantes en la ingesta diaria. Dentro del grupo de macronutrientes están las grasas, como fuente de energía para las actividades metabólicas y estructurales (3); las proteínas, que son necesarias para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento del cuerpo (4); y los carbohidratos, que constituyen la principal fuente de energía para la población (5).

Por otro lado en el grupo de los micronutrientes están los minerales, los cuales provocan reacciones químicas y forman parte de muchos tejidos. Se considera que el calcio, el fósforo, el potasio, el hierro, el sodio, el azufre, el cloro y el magnesio son importantes para la salud (6). Asimismo, las vitaminas (en pequeñas cantidades) son esenciales para el crecimiento y las actividades corporales normales (7).

En nuestro medio existen diversos cultivos nativos y promisorios que cumplen los mencionados requerimientos, como las legumbres, los cereales y tubérculos. Dentro de estos productos se encuentra el “Pajuro” (*Erythrina edulis*), también llamado poroto o chachafruto, dependiendo de la región de cultivo (8).

El Pajuro es una leguminosa arbórea, perteneciente a la familia de las Fabáceas o Leguminosas. Es originaria de América; su mayor área de dispersión es América del Sur, abarcando diversos países, desde Venezuela hasta Bolivia (8).

A nivel mundial existen aproximadamente 113 especies de *Erythrina*, de las cuales 10 crecen en el Perú y 8 de ellas se desarrollan en la provincia de Oxapampa,

Región de Pasco. El árbol cuenta con una altura promedio de 8 a 14 metros y un diámetro de tronco de 25 cm. Presenta espinas en tronco y ramas (9,10), los frutos son legumbres o vainas de aproximadamente 30 x 3 cm con semillas de 5 a 6 cm, dependiendo del tamaño y maduración de la planta (9,10). Las semillas presentan una forma de frijol grande, con un tamaño promedio de 5 x 2.5 cm y poseen un cáscara de color marrón, que varía según la especie (9,10).

Desde tiempos muy remotos el Pajuro ha sido utilizado como fuente alimentaria para el consumo humano, específicamente los granos de forma sancochada con sal (8,11). En la agricultura se usa como fijador de nitrógeno en las tierras de sembrío. En el sector ganadero se empleó como forraje para alimentar a los vacunos y aves y de forma ornamental los tallos fueron usados como cercas vivas para la delimitación de sus territorios. Debido a sus múltiples beneficios, el ser humano siguió cultivando dicha legumbre por su amplia gama de usos (8,11).

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el perfil químico nutricional de los granos y la harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) además de la elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate, de esta manera se contribuye a dar un valor agregado a los granos de Pajuro dando a conocer los nutrientes que presenta dicha legumbre la cual sería una alternativa para ayudar a reducir la prevalencia e incidencia de la desnutrición que aqueja a la población.

1.1.Aspectos taxonómicos de la especie *Erythrina edulis*

1.1.1. Clasificación Botánica de la especie *Erythrina edulis*

A continuación se muestra la clasificación botánica del Pajuro, de acuerdo a la base de datos del Jardín Botánico de Missouri (12,13).

Reino:	Plantae
División:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledoneae
Orden:	Rosales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Erythrina</i>
Especie:	<i>Erythrina edulis</i>

Nombre común: “Pajuro”, “Poroto”, “Chachafruto”

1.1.2. Estudio Botánico de la *Erythrina edulis*

1.1.2.1. Características de la Familia *Fabaceae*

La familia Fabaceae es una de las más extensas dentro del reino vegetal, existen unas 15 mil especies en todo el mundo (14). Dicha planta tiene un fácil reconocimiento por el fruto que presenta, la vaina.

Esta familia tiene especies muy importantes usadas como plantas alimenticias, forrajes, medicinales, industriales, etc.; en ellas también se puede encontrar comúnmente diferentes tipos de sustancias como alcaloides, glucósidos, colorantes, proteínas, carbohidratos y fibras, importantes por su valor nutricional (15).

1.1.2.2. Generalidades

Con respecto a la historia del Pajuro se acota un comentario del Sabio Antúnez de Mayolo, quien manifestó que entre las menestras cultivadas en el antiguo Perú se encuentra el Pashuru o Pajuro (*Erythrina edulis*) el cual fue uno de los alimentos primordiales en la alimentación en el Antiguo Perú (16).

De las 113 especies de *Erythrina* que existen en el mundo, 70 se encuentran en los neotrópicos, 31 en África y 12 en Asia- Oceanía; *Erythrina edulis* es una especie muy significativa por ser la única en presentar una semilla comestible (12,17) que contiene grandes cantidades de proteínas y carbohidratos de importancia nutricional, farmacéutica e industrial.

Esta especie (Figura 1) es una leguminosa oriunda de Latinoamérica, se cultiva en la ceja de selva y los valles interandinos de Perú, Ecuador y Colombia, entre los 1400 a 3000 metros sobre el nivel del mar. Se siembra en suelos sueltos, negros y bien aireados; en suelos ácidos es necesario aplicar cal para la neutralización (8, 18, 19, 20). En el Perú se encuentra en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Ancash y Huánuco por ser zonas húmedas con lluvias anuales superiores a 1400 milímetros (8, 18, 20).

Comúnmente la especie *E. edulis* es conocida como “Poroto”, nombre de origen quechua que significa “frijol de árbol” (9).

En Perú se le denomina principalmente como “Pajuro”, “Pashuro”, “Basul” y “Pisonay”; en Ecuador se conoce como “Sachaporoto”, “Frijol del monte”, “Pashullo” y “Porotón” y en Colombia se le denomina “chachafruto”, “Balú” y “Frijol de monpás” (9,20).



Figura 1 Partes de la especie *Erythrina edulis*
Foto: Gaby Espinoza

1.1.2.3.Descripción de la planta

El Árbol:

El Pajuro o Chachafruto es un árbol frondoso (Figura 2) con una altura promedio de 8 metros y un diámetro de tronco de 24 centímetros. Sin embargo, se han encontrado ejemplares de 14 metros de altura y 47 centímetros de grosor. Su tallo leñoso es espinoso al igual que sus hojas (8). Además posee espinas en las ramas y ramitas; en arboles jóvenes, las hay también (9). En un estudio realizado por el Instituto Central de Investigación de la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión” en el 2016 (21) se reporta que en la región de Oxapampa este árbol crece entre unos 4 a 10 metros de alto y hasta 50 centímetros de diámetro.



Figura 2 Árbol de *Erythrina edulis*
Foto: Gaby Espinoza

Las Hojas:

Por lo general el Pajuro es un árbol que después de tres años de sembrado desarrolla tres o cuatro ramas con abundantes hojas (18,21). Estas hojas

de color verde claro (Figura 3) son alternadas, pinnado - trifoliadas y de peciolo largo que se agrupan alrededor de las ramas, el foliolo central es de mayor tamaño (20 x 14 cm) que los foliolos laterales (17 x 10 cm), poseen glándulas productoras de néctar en la base de los foliolos que atraen a los insectos (8) también presentan espinas en forma cónica en los peciolo, nerviaciones y troncos. En la etapa de floración las hojas se caen naturalmente del árbol, acumulándose en el suelo y transformándose en abono para la misma planta (18,22).



Figura 3 Hoja de *Erythrina edulis*
Foto: Gaby Espinoza

Las Flores:

Las flores (Figura 4) son completas, zigomorfas con pistilo único rodeado por 10 estambres (8); presenta un color carmesí con algunas variantes a anaranjado intenso; miden en promedio 2.8 x 1.2 cm y se distribuyen en racimos de hasta 45 cm de longitud; cada racimo puede contener 190 flores en promedio y de estas solo 65 se convierten en legumbres maduras; la duración de flor a legumbre es de 65 días (18,12).



Figura 4 Flor de *Erythrina edulis*
Foto: Gaby Espinoza

Los Frutos:

Son legumbres (Figura 5) o vainas alargadas, lisas y brillantes de color verde claro y tamaño variado, llegan a medir en promedio 32 x 3.3 cm, con 6 semillas en cada vaina (9), sin embargo se han encontrado frutos que llegan a medir entre 35 y 40 cm, con un ancho de 4 a 6 cm (8,12,18). El número de vainas que hay por kilogramo es aproximadamente de 7 a 8 vainas. En cuanto a la relación del peso total, la cáscara representa la mitad y las semillas la otra mitad del peso (9).

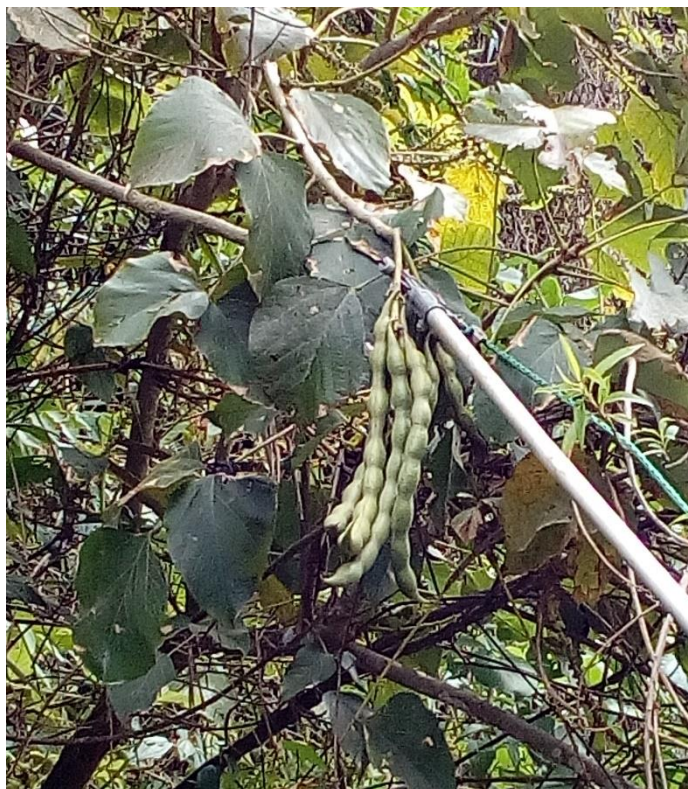


Figura 5 Frutos de *Erythrina edulis*

Foto: Gaby Espinoza

Las semillas:

Las semillas (Figura 6) tienen la forma de un frijol grande y constituyen la parte comestible de la planta, su tamaño promedio es de 5.2 x 2.5 cm, presentan una cascará lisa y brillante, de consistencia gruesa, que se torna de color marrón oscuro en su madurez (9,18); la testa varía según el proceso de maduración que va de un rosado hasta un tono marrón o rojizo oscuro y pocas veces negro (21).



Figura 6 Semillas de *Erythrina edulis* de color marrón oscuro y rosado
Foto: Gaby Espinoza

1.1.2.4. Cultivo y propagación

El Pajuro se puede reproducir de tres formas diferentes: semillas, estacas y acodos aéreos.

Por semillas: Las semillas seleccionadas (Anexo 1) para sembrar deben tener un tamaño adecuado, estar sanas (sin hongos o enfermedades) y provenir directamente del árbol (9, 11, 20). Su siembra se debe realizar en la misma semana de colección (23) y se recomienda que la siembra de la semilla sea en bolsas de polietileno de 25 x 14 centímetros y la posición de siembra debe ser con su dorso o espalda hacia arriba y su “ombligo” o parte cóncava hacia abajo (9,18).

Por último la germinación de la semilla se inicia a los 11 días de su siembra en la bolsa y pasado los 2 meses se

obtiene en el vivero una plántula (Anexo 2) de 40 centímetros de altura lista para llevarla al campo (9,20).

Por estacas: Llamada también reproducción por ramas o esquejes; se recomienda que se realice en las ramas de la parte media de la copa (9,20).

Se deben cortar estacas de 1 a 1.20 metros de altura, el corte de las estacas en la base y en la punta deben ser sesgados u oblicuos. En la parte del sembrado las estacas deben enterrarse unos 20 centímetros y debe hacerse a más tardar a los 4 días siguientes a su colección (9,11).

Por acodos aéreos: Con este tipo de propagación se facilita la generación de raíces en las ramas del árbol (9,11).

Las ramas óptimas tienen una medida de 3 a 5 centímetros de grosor y 80 centímetros de largo (9,11). Sin retirar la rama del árbol y con la ayuda de una navaja se hace un corte en forma de anillo que llegue hasta la madera de la rama y que tenga un ancho de centímetro. Se cubre la incisión con paja o musgo húmedo y se coloca un pedazo de plástico transparente, el cual se amarra en los extremos. Por último pasado un mes, se realizan dos cortes, uno por debajo del plástico y otro en la punta de la rama, estos cortes deben ser oblicuos o sesgados y al retirar el plástico se observa las raíces generadas en forma inmediata se procede a sembrar la rama o acodo en el sitio definitivo (9,11).

1.1.2.5.Rendimiento de la especie *Erythrina edulis*

Cada planta rinde en promedio 112 kilogramos por año en el Perú y las regiones con mayor presencia de plantas y producción de Pajuro se ubican al norte del país, en los departamentos de Huánuco, Ancash, La Libertad, Cajamarca, Piura y Amazonas (18).

En árboles de más de 10 años de edad, la producción promedio por árbol es 170 kilos de fruto (9).

Cabe resaltar que la producción del Pajuro se da durante todo el año, siendo los meses de marzo y abril los de mayor productividad (18).

1.1.2.6.Usos de la especie *Erythrina edulis*

Alimentación humana

El Pajuro es consumido principalmente como grano sancochado, otras formas de consumo son como granos fritos (chachafritas) y harina (9).

En el Perú, los granos del Pajuro son consumidos sancochados, reemplazando muchas veces a la papa y la yuca (15). Por otro lado, en lugares como Colombia el empleo de Pajuro abarca un sector amplio en la gastronomía local, se prepara desde encurtidos de la vaina, purés, cremas, sopas, torrijas hasta chicha, así mismo a partir de los granos sancochados se obtiene harina para la elaboración de croquetas, arepas, buñuelos, tortas, panes, etc. (15,24).

Alimentación animal

En el sector ganadero los campesinos utilizan las hojas, las cáscaras y las semillas crudas o sancochadas del Pajuro como un excelente alimento para los animales; la razón de su empleo es que contienen mayor porcentaje proteico que los pastos. (9,19).

La alta productividad tanto en el fruto como en el follaje, la convierten en una especie clave para la alimentación de animales domésticos; en el caso de los rumiantes como cabras y vacas se recomienda dar el fruto crudo, mientras que para pollos, cerdos, peces y conejos los frutos son suministrados en forma sancochada (9).

Usos medicinales

Las partes más usadas del árbol de Pajuro para curar enfermedades son la corteza del tallo, la corteza de la raíz, la raíz, las flores, las semillas y las hojas. Entre las posibles patologías que cura el Pajuro están las alergias, sarpullido, granos, varicela, sarampión, viruela, micosis, inflamaciones e infecciones urinarias (17).

En zonas rurales del Perú se utiliza el agua del sancochado de las semillas para tratar cistitis y afecciones de las vías urinarias; para la irritación de los ojos se utiliza el agua proveniente del cocimiento de las flores (9).

II. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

2.1.Pregunta de Investigación

¿Cuál es la composición químico-proximal de granos de “Pajuro” (*Erythrina edulis*) provenientes de Oxapampa, Pasco?

¿Cuál es la composición químico-proximal de la harina obtenida a partir de granos de Pajuro sometidos a cocción?

¿Es posible elaborar una bebida proteica con sabor a chocolate a base de harina de Pajuro que sea aceptada según resultados de pruebas hedónicas?

2.2.Objetivos

2.2.1. General

Conocer la composición químico-proximal de granos y harina de “Pajuro” (*Erythrina edulis*) proveniente de Oxapampa, Pasco y elaborar una bebida proteica con sabor a chocolate.

2.2.2. Específicos

Realizar el análisis químico-proximal (humedad, cenizas, grasa, proteínas, fibras y carbohidratos) de los granos de Pajuro (*Erythrina edulis*) proveniente de Oxapampa, Pasco.

Elaborar la harina a partir de los granos de Pajuro y determinar el rendimiento harinero.

Realizar el análisis químico-proximal de la harina de Pajuro.

Determinar el contenido de macrominerales en los granos y la harina de Pajuro.

Determinar el contenido de oligoelementos en los granos y la harina de Pajuro.

Elaborar una bebida proteica con sabor a chocolate a base de harina de Pajuro que sea aceptada según pruebas hedónicas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Métodos y/o Equipos

- Balanza analítica Ohaus AX224
- Centrifuga Hettich Universal 320 R
- Estufa Venticell LSIS-B2V/VC 111
- Vortex Mixer Corning LSE 6776
- Mufla Termolyne FB1410M
- Automatic Digestion Unit DK 8
- Kjeldahl Distillation Unit UDK 129
- Bransonic Ultrasonic Cleaner Branson 3510R-MTH
- pH Meter Thermo Scientific Orion 11120000 3-Star Benchtop
- Raw Fiber Extractor FIWE Series VELP Scientifica
- Vacuum Pump BÜCHI V-710
- BÜCHI Rotavapor R-114
- BÜCHI Waterbath B-480
- Heating Plate RC2 VELP Scientifica
- Retsch DR100

3.2.Métodos

3.2.1. Colecta de la muestra

Las semillas de Pajuro que se utilizaron en el presente estudio fueron procedentes del distrito de Huancabamba y Villa Rica en la provincia de Oxapampa ubicado a 1814 m.s.n.m en la región de Pasco el cual presenta un clima húmedo, semicálido y lluvioso. Para la colecta de muestra se empleó un conjunto de herramientas como tijeras telescópicas, aparejos para escalar árboles, tijeras podadoras y cámaras fotográficas.

3.2.2. Obtención de la harina de Pajuro

En la Gráfica 1 se muestra el flujo de operaciones para la obtención de la harina a partir de los granos crudos de Pajuro.

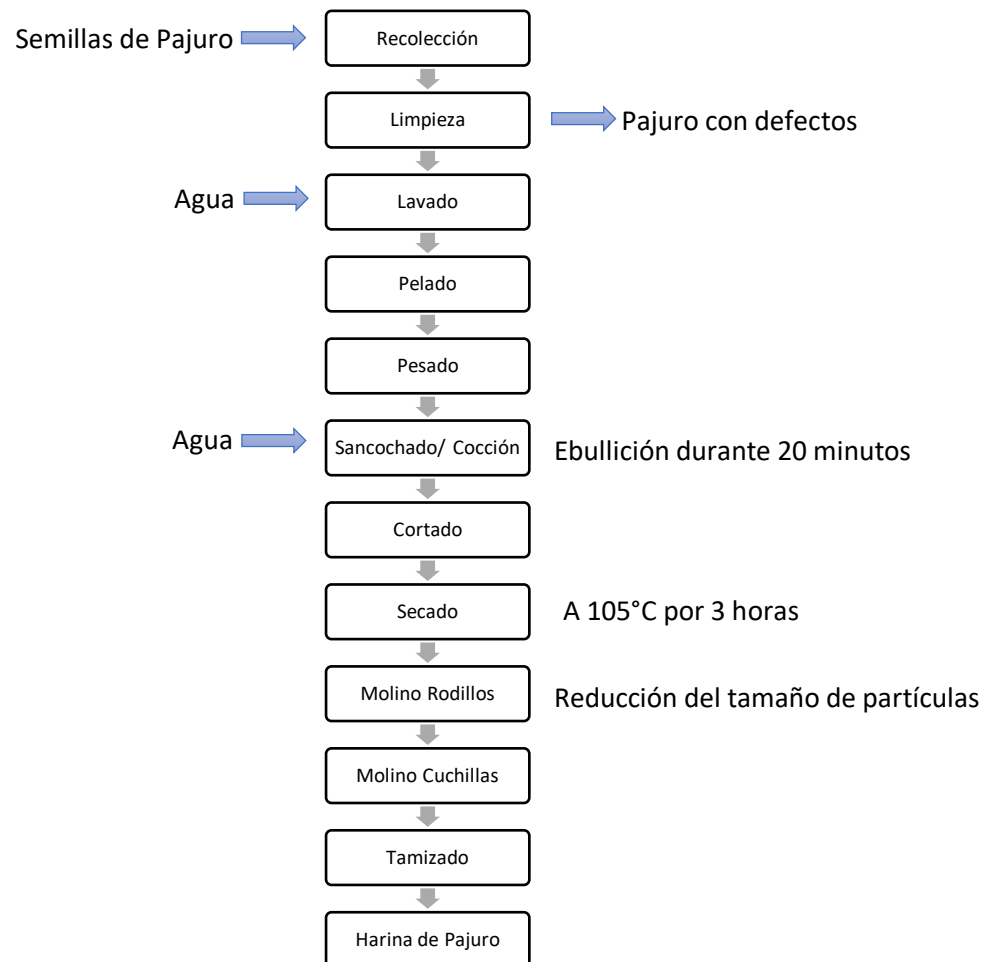


Gráfico 1. Diagrama de flujo de la Elaboración de la harina de Pajuro a partir del granos.

Como se puede observar en la gráfica, los granos fueron seleccionados, lavados, pelados, sancochados y cortados en láminas delgadas para ser secados en una estufa.

Posterior a ello fueron llevados a un molino convencional de la marca Corona con el fin de reducir el tamaño de partícula.

Y por último, para darle una mejor textura, se usó un molino de cuchillas, obteniéndose de esta manera harina de Pajuro.

Los procesos de selección, limpieza, lavado, pelado, cocción, secado, molienda y tamizado fueron llevados a cabo de la siguiente manera:

- **Selección y Limpieza:** Se realizó de forma manual con el objetivo de eliminar los granos de Pajuro defectuosos, agentes extraños o impurezas que puedan causar una alteración o toxicidad en la harina.
- **Lavado:** Se empleó agua potable para reducir las impurezas presentes en el grano, eliminando de esta manera las saponinas, las cuales son componentes superficiales de los granos. Estas a su vez son responsables del sabor amargo, producción de hemólisis y alteración de la permeabilización del intestino (25, 26).
- **Pelado:** Este proceso se hizo de forma manual mediante el uso de cuchillos con el propósito de eliminar los taninos presentes en la cáscara del grano, los cuales son considerados como el principal factor antinutritivo responsable de la disminución de la digestibilidad proteica, así como la inhibición de la absorción intestinal de azúcares (27,28). Además, con la realización de este proceso se evita la coloración oscura de la harina, el sabor amargo y la sensación de astringencia (29).

- **Cocción:** Este tratamiento térmico (Figura 7) fue realizado agregando 2.5 kg de semillas de Pajuro en 2 litros de agua en ebullición, dejándolo por un lapso de 20 a 30 minutos. Dicho proceso de calentamiento aumenta el valor nutritivo de las proteínas del Pajuro, debido a la destrucción de los factores antinutrientes (FAN) que se encuentran en los granos en estado crudo como inhibidores enzimáticos, taninos, lectinas y azúcares no digeribles (26,29).



Figura 7 Cocción de los granos de Pajuro
Foto: Gaby Espinoza

- **Secado:** Luego de la cocción se procedió a cortar los granos en forma de hojuelas con el objetivo de agilizar el proceso de secado, los cuales fueron llevados a una estufa (Venticell – Modelo LSIS-B2V/VC 111) a 105 °C por un lapso de 3 horas (Figura 8). Durante este periodo de tiempo las hojuelas fueron removidas periódicamente con la finalidad de obtener un secado uniforme; con este paso se consigue la reducción del contenido de agua del alimento, bajando así el nivel de a_w (actividad de agua) y deteniendo la mayoría de reacciones de degradación (28).



Figura 8 Secado de los granos de Pajuro mediante estufa
Foto: Gaby Espinoza

- **Molienda por rodillos:** Se usó un molino de rodillos de la marca Corona (Figura 9) para reducir el tamaño de partículas y facilitar el proceso de la segunda molienda.



Figura 9 Molino de rodillos marca corona
Foto: Gaby Espinoza

- **Molienda por cuchillas:** En este proceso se utilizó un molino de cuchillas marca Retsch - Modelo DR100 (Figura 10) con el fin de darle una mejor textura y presentación a la harina.



Figura 10 Molino de cuchillas marca Restch
Foto: Gaby Espinoza

- **Tamizado:** Por último se procedió a tamizar la harina obtenida a través de la malla N° 500 mesh con el objetivo de eliminar las partículas gruesas y agentes extraños que alteran su calidad, consiguiendo de esta manera un tamaño adecuado y uniforme de las partículas (30).

3.2.3. Análisis proximal

A este análisis se le denomina proximal porque no determina sustancias químicas de manera precisa sino asociaciones químicas que responden a determinadas reacciones analíticas y que por lo tanto nos da un índice nutritivo de los alimentos (31).

Todos los procedimientos utilizados en los análisis proximales, fueron realizados bajo los parámetros de la Association of Analytical Communities, AOAC INTERNATIONAL (32), tal como se menciona en la bibliografía.

Se hizo el análisis por triplicado tanto para el grano como para la harina y se reportó el promedio y desviación estándar de los tres valores.

3.2.3.1.Prueba de humedad

Se encendió la balanza de humedad (Sartorius Moisture Analyzer - Modelo MA 35), se pesó alrededor de 2 g de muestra de harina de Pajuro en un platillo ya tarado, se programó dicho equipo a 135 °C por 6 minutos y al terminar el lapso de tiempo se anotó el valor de la humedad (33).

3.2.3.2.Determinación de Cenizas

Se determinó el porcentaje de cenizas según el método descrito por la AOAC.

Previamente se acondicionó los crisoles colocándolos a la estufa a 60 °C por un lapso de dos horas para que no varíe el peso. A continuación se pesó 0.5 g de la muestra en un crisol previamente tarado, luego se colocó el crisol en la mufla (Thermo Scientific™ - Modelo FB1310M) a 200 °C por 30 min, 300 °C por 30 min, 400 °C por 30 min y 600 °C por 3 horas hasta obtener cenizas blancas o grisáceas, luego se llevó al desecador por 30 min, se registró el peso del crisol con la muestra y se calculó el porcentaje de cenizas (32).

Para la obtención del porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente fórmula:

% Cenizas en base seca

$$= \left(\frac{\text{Peso del crisol mas ceniza (g)} - \text{Peso del crisol (g)}}{\text{Peso muestra seca (g)}} \right) \times 100$$

% de Cenizas en base fresca

$$= \frac{\text{Cenizas en base seca (\%)} \times (100 - \% \text{ Humedad})}{100}$$

3.2.3.3. Determinación de Proteínas

Se determinó el contenido de proteínas de la muestra según el método Kjeldahl, descrito por la AOAC, siendo el más utilizado y confiable para la cuantificación de nitrógeno orgánico (31); el cual tiene 3 etapas: digestión, destilación y titulación.

Digestión: Se colocó en un balón Kjeldahl 0.5 g de la muestra, 4 g de la mezcla de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y sulfato de cobre (CuSO_4) en proporción de 9:1 y se adicionó 14 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado al 98%. De forma simultánea se preparó otro balón de manera similar pero sin la muestra (blanco), los balones fueron colocados en el equipo digestor (VELP SCIENTIFICA Unidad de Digestión Kjeldahl DK8) por un lapso de 1 hora a 450°C hasta la aparición de un color turquesa (32).

Destilación: En matraces de 250 mL se adicionó 40 mL de ácido bórico al 4% y 5 gotas del indicador verde de bromocresol, estos fueron puestos en la parte inferior del equipo destilador (VELP SCIENTIFICA Unidad de Destilación Kjeldahl UDK 129) junto con el balón Kjeldahl (el cual debe estar frío), por un tiempo de 5 min, el cual consumió 40 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y 150 mL de Agua Ultrapura Tipo I; al finalizar todo el proceso por una parte se obtuvo una solución azul intensa en los matraces y por otro lado una solución de

color negra en los balones de Kjeldahl que luego fue descartada (32).

Titulación: Para un mejor resultado en el proceso, preliminarmente se estandarizó la solución de ácido clorhídrico (HCl) 0.1N con 0.2165 g de hidroximetilaminometano (tris) previamente seco y 5 gotas del indicador de rojo de metilo (34). Dicha solución de HCl 0.1 N se colocó en la bureta y se utilizó para titular las soluciones contenidas en los matraces, incluido el blanco, hasta el cambio de color azul a un amarillo intenso (32).

Los volúmenes gastados tanto del blanco y las muestras fueron registrados para el cálculo del porcentaje de proteína.

$$\% \text{ Proteína en base seca} = \left(\frac{14 \times (V_m - V_b) \times N \times F_p}{P_m} \right)$$

$$\% \text{ Proteína en base fresca} \\ = \frac{\text{Proteína en base seca (\%)} \times (100 - \% \text{ Humedad})}{100}$$

Donde:

V_m: Volumen gastado en mililitros de HCl de la muestra

V_b: Volumen gastado en mililitros de HCl del blanco

N: Normalidad del HCl

F_p: Factor proteico 6.25

P_m: Peso en gramos de la muestra

3.2.3.4. *Determinación de Grasas Totales*

Se determinó el contenido de grasas mediante el método de Soxhlet descrito por la AOAC.

Se pesó alrededor de 3 g de la muestra en cartuchos, los cuales fueron colocados dentro del tubo de extracción, seguidamente se armó el sistema Soxhlet para lo cual previamente se registró los pesos de cada balón vacío a utilizar y se prosiguió con la adición de 90 mL de éter de petróleo, se conectó al sistema Soxhlet verificando que este se encuentre herméticamente cerrado, se abrió el caño de agua a un flujo constante por el condensador y se encendió las cocinillas (Heating Plate VELP Scientifica - Modelo RC2) a una temperatura de 250 °C por 4 horas; todo este proceso se realizó bajo una campana de extracción.

Al terminar el método se retiró los balones llevándolos al rotavapor (BÜCHI Rotavapor – Modelo R-114) para que el contenido fuese evaporado hasta sequedad, luego se llevó los balones a la estufa a una temperatura de 100 °C por 30 min y en seguida se los colocó en el desecador, finalmente se pesó cada balón y se determinó el porcentaje de grasa (32).

El porcentaje de grasa de la muestra fue calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

% Grasas en base seca

$$= \left(\frac{\text{Peso balon mas grasas (g)} - \text{Peso balon vacio (g)}}{\text{Peso de la muestra}} \right) \times 100$$

% Grasas en base fresca

$$= \frac{\text{Grasa en base seca (\%)} \times (100 - \% \text{Humedad})}{100}$$

3.2.3.5. Contenido de Fibras Totales

Este método consta de dos procesos, el primero fue realizado en medio ácido y el segundo en medio básico.

Se pesó 1 g de muestra desengrasada en crisoles previamente acondicionados y pesados, a continuación se colocó dichos crisoles en el equipo digestor (Raw Fiber Extractor FIWE Series VELP Scientifica) asegurándolos con la palanca, se vertió 150 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 1.25%, se añadió 3 gotas de n-octanol y se puso a calentar a máxima temperatura por 45 min. Posterior a este paso se lavó la muestra por 3 veces con 30 mL de agua destilada caliente; se repitió todo el proceso anterior usando hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% en vez de ácido sulfúrico; luego se lavó con 30 mL de agua tipo I y 25 mL de acetona por 3 veces. Se retiraron los crisoles del equipo, colocándolos a la estufa a 105°C por un lapso de 1 hora, una vez terminado el tiempo fueron llevados al desecador y se anotó el peso del crisol con la muestra (F1); para finalizar dicho proceso los crisoles fueron llevados a la mufla a 550°C durante 3 horas y se volvieron a pesar (F2) después de ser enfriados en el desecador. El porcentaje de fibra cruda en la muestra fue calculada por diferencia de pesos mediante la siguiente fórmula (35).

$$\% \text{ Fibra en base seca} = \left(\frac{F1(g) - F2(g)}{\text{Peso muestra}(g)} \right) \times 100$$

% Fibra en base fresca

$$= \frac{\text{Fibra en base seca} (\%) \times (100 - \% \text{Humedad})}{100}$$

3.2.3.6. Determinación de Porcentaje de Carbohidratos

El porcentaje de carbohidratos fue calculado por diferencia, se tomó como valor referencial 100 g de muestra y los otros componentes de la muestra como porcentajes: grasas, fibras, proteínas y cenizas (32).

El porcentaje de carbohidratos fue calculado con la siguiente fórmula:

% Carbohidratos en base seca

$$= 100 - (\% \text{ Grasas} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Fibra})$$

% Carbohidratos en base fresca

$$\begin{aligned} &= 100\% - (\text{Humedad} (\%) + \text{Grasa en Base Fresca} (\%) \\ &+ \text{Proteínas en Base Fresca} (\%) \\ &+ \text{Cenizas en Base Fresca} (\%) \\ &+ \text{Fibras en Base Fresca} (\%)) \end{aligned}$$

3.2.4. Determinación de Macrominerales y Oligoelementos

El análisis de macrominerales (Calcio, Fósforo, Magnesio, Potasio y Sodio), Oligoelementos (Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Hierro, Manganeso, Selenio y Zinc), así como el de Otros Minerales/Metales pesados (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cerio, Estroncio, Litio, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Titanio y Vanadio) fue realizado por Laboratorios CERPER S.A. mediante la técnica de ICP-AES (EPA Method 200.7. 1994. Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometric Method for trace Element Analysis of Water and Wastes).

3.2.5. Elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate

Según la receta para la preparación de una bebida láctea a base de leche entera señalada en la etiqueta del producto, se debe agregar 24 g (3 cucharadas de leche en polvo) en un vaso con 200 mL de agua. En base a dicha fórmula se decidió realizar un ensayo preliminar trabajando con 12 gramos de leche en polvo en 100 mL de agua y a partir de esta concentración (0.12 g/mL) se decidió disminuir la cantidad de leche a intervalos de 1 g con el fin de conocer el límite inferior a la cual la bebida láctea siga conservando sus características. Para ello se realizó distintas pruebas, las cuales fueron evaluadas por un grupo de 7 personas mediante una catación en la cual se determinó que la cantidad mínima de leche fue de 8 gramos en 100 mL de agua.

Seguidamente, se complementó la bebida láctea con harina de Pajuro añadiéndolo a intervalos de 1 g con el fin de saber el límite máximo en el cual la bebida resulte tolerable al paladar del grupo evaluador, se decidió que la cantidad máxima de Pajuro fuera de 5 gramos en 100 mL de agua.

En base a los criterios ya mencionados se formularon diversas mezclas utilizando cantidades variables de la harina de Pajuro, en la tabla 1, se puede observar la formulación de las distintas mezclas proteicas, las cuales presentan diferentes concentraciones de harina de Pajuro, para 100 mL.

Tabla 1 Formulación de las diferentes mezclas proteicas.

Mezclas	Harina de Pajuro (g)	Leche en polvo (g)	Azúcar en polvo	Pectina	Cacao en polvo (g)
15	2	8	4	0.6	0.75
27	3	8	4	0.6	0.75
33	5	8	4	0.6	0.75

Para la preparación del polvo proteico se siguió los siguientes pasos:

En primer lugar, en una bolsa de polipropileno de 38 x 25 cm se pesaron conjuntamente leche en polvo, harina de Pajuro, azúcar blanca, polvo de cacao y pectina en las cantidades ya indicadas anteriormente, tanto para la mezcla 15, 27 y 33. Seguidamente se homogenizó cada mezcla mediante movimientos circulares. Luego dicha mezcla se vertió a un recipiente y se le agregó 100 mL de agua caliente, obteniéndose de esta manera 3 diferentes tipos de bebida proteica a base harina de Pajuro con sabor a chocolate.

Para decidir sobre la mejor combinación se realizó una evaluación sensorial como se indica en el apartado 3.2.6. Los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente, escogiéndose la formulación de mayor preferencia por el panel de cata no entrenado.

3.2.6. Pruebas Sensoriales

Con el fin de evaluar la aceptabilidad de la bebida proteica con sabor a chocolate se trabajó con un panel de cata no entrenado conformado por 66 personas de ambos sexos dentro de un rango de edad de 18 a 60 años. Esta prueba se realizó en una sala de catación especialmente acondicionada para el análisis sensorial de muestras (36). Para dicha cantidad de participantes se preparó 1800 mL de cada formulación para lo cual se trabajó con cantidades proporcionales a las mezclas mencionadas en el apartado anterior (3.2.5). A cada participante se le ofreció 25 mL de cada formulación en vasitos de propileno de 36.5 mL. Se le indicó al participante que degustara las tres bebidas y que entre bebidas ingiriera galleta y agua, con el fin de neutralizar el sabor anterior.

Cabe resaltar que en este experimento se utilizó la prueba de ordenamiento (36,37), con 3 formulaciones codificadas y se les pidió

a los panelistas que las ordenaran según su preferencia poniendo en primer lugar la bebida que más les agrado y en último lugar la que menos prefieran. En el anexo 5 se presenta la ficha de evaluación utilizada para la prueba sensorial; la prueba fue llevada a cabo de acuerdo a las especificaciones del Institute of Food Technologists (IFT) (37).

Para la realización del presente estudio se contó con la aprobación (Constancia 728-24-17) del Comité de Ética para humanos de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, la cual acredita que no existe riesgo alguno para los participantes de la prueba resguardando así la integridad de los mismos durante la realización de la prueba ya descrita.

IV. RESULTADOS

4.1. Obtención y rendimiento de la harina de Pajuro

En el presente trabajo se procesaron 13 kg de granos frescos de Pajuro, los cuales fueron pelados obteniéndose 10.71 kg de granos sin cáscara.

Luego de ser sancochados, cortados y secados en la estufa se obtuvo 1.893 kg de granos secos. Estos fueron llevados a una primera molienda con rodillos donde se obtuvo 1.836 kg de harina de Pajuro (Figura 11). Seguidamente, este producto fue sometido a una segunda molienda con cuchillas en la cual se consiguió 1.692 kg de producto final (Figura 12). Las pérdidas registradas fueron de 57 g (3.01%) y 144 g (7.84%) para la primera y segunda molienda, respectivamente.



Figura 11 Harina de Pajuro obtenida por el molino de rodillos
Foto: Gaby Espinoza



Figura 12 Harina de Pajuro obtenida por el molino de cuchillas
Foto: Gaby Espinoza

El cálculo del rendimiento de la obtención de harina de Pajuro, a partir de granos frescos sin cáscara, fue dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de la harina \%} = \frac{\text{Peso de harina final (g)}}{\text{Peso granos frescos con cascara(g)}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento de la harina \%} = \frac{1692}{13000} \times 100$$

$$\text{Rendimiento \%} = 13.02$$

4.2. Análisis proximal de las muestras

Los resultados del análisis químico proximal del grano y de la harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) son mostrados en el tabla 2, estos se expresan como porcentaje $\pm$ la desviación estándar (DE) obtenidos del promedio de los resultados de cada análisis por triplicado.

Tanto la harina como el grano de *Erythrina edulis* presentan un valor alto de carbohidratos (>50%).

Tabla 2 Análisis químico proximal del grano y harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) en base seca

Componente	Contenido (%)	
	Grano de <i>Erythrina edulis</i>	Harina de <i>Erythrina edulis</i>
Proteína cruda	35.27 $\pm$ 0.26	17.13 $\pm$ 0.05
Fibra	1.42 $\pm$ 0.18	6.25 $\pm$ 0.53
Ceniza	11.59 $\pm$ 0.11	5.84 $\pm$ 0.08
Grasa	1.64 $\pm$ 0.07	0.89 $\pm$ 0.18
Carbohidratos	50.08 $\pm$ 0.30	69.89 $\pm$ 0.49

%Humedad	Grano de <i>Erythrina edulis</i>	Harina de <i>Erythrina edulis</i>
	87.20 $\pm$ 0.19	2.57 $\pm$ 0.36

Otro valor resaltante para el grano es la cantidad de proteínas y humedad que presenta; para el caso de la harina de Pajuro el contenido de proteínas se redujo a un valor de 17%, la fibra tuvo un leve aumento y los valores de ceniza y grasa disminuyeron.

4.3. Contenido de Macrominerales y Oligoelementos.

En la tabla 3 se reporta el contenido de macrominerales en el grano seco y la harina, se puede observar que la cantidad de calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio se encuentran en mayor concentración en el grano de Pajuro que en la harina.

Tabla 3 Contenido de macrominerales en el grano y harina de Pajuro

Macrominerales	Concentración (g/kg)	
	Grano de <i>Erythrina edulis</i>	Harina de <i>Erythrina edulis</i>
Calcio	1.19	0.57
Fosforo	8.85	3.94
Magnesio	3.58	1.00
Potasio	57.26	24.99
Sodio	0.08	0.05

Asimismo en la tabla 4 se señala el contenido de oligoelementos tanto en el grano como en la harina, aquí se puede resaltar al cobre, hierro, manganeso y zinc como sustancias predominantes en el grano.

Tabla 4 Contenido de oligoelementos en el grano y harina de Pajuro

Oligoelementos	Concentración (mg/kg)	
	Grano de <i>Erythrina edulis</i>	Harina de <i>Erythrina edulis</i>
Cobalto	<0.05	<0.05
Cromo	<0.05	<0.05
Cobre	21.90	4.06
Hierro	37.50	28.98
Manganeso	15.84	8.96
Estaño	< 0.10	<0.1
Selenio	<0.25	<0.25
Zinc	140.28	19.86

En la anexo 3 y 4 se muestra el contenido de otros minerales y metales pesados en el grano y harina de Pajuro.

En el grano predominan el aluminio, boro, molibdeno, níquel y silicio; mientras que en la harina encontramos en mayor concentración al bario y estroncio.

4.4. Elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate y análisis de las Pruebas Sensoriales

Se elaboró 3 formulaciones de bebidas proteicas a base de harina de Pajuro las cuales fueron codificadas con los siguientes números 15, 27 y 33 en base a una tabla de números aleatorios, para que no haya alguna influencia entre la codificación de la formulación y el contenido de estas.

El panel de cata no entrenado estuvo conformado por residentes del distrito de Carmen de La Legua, así como por estudiantes y trabajadores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, sumando un total de 66 participantes, de los cuales 18 fueron varones y 48 mujeres. El rango de edades fue de 18 a 60 años, 6 personas tenían de 18 a 19 años, 38 personas de 20 a 29 años, 10 de 30 a 39 años, 7 de 40 a 49 años y 5 personas contaban con más de 50 años.

Por otro lado en la tabla 5 se da a conocer el resultado de las preferencias de cada panelista con respecto a la degustación de la bebida proteica, es decir el participante ordenó las bebidas de acuerdo a la aceptación que tuvo hacia estas, indicando como número 1 a la bebida preferida y como número 3 a la bebida que menos les agrade.

Tabla 5 Resultado de las preferencias de degustación del panel de cata

Panelista	Bebidas proteicas a base de Pajuro		
	Muestra 15	Muestra 27	Muestra 33
1	1	3	2
2	1	3	2
3	1	3	2
4	1	3	2
5	1	3	2
6	1	3	2
7	1	3	2
8	1	3	2
9	3	1	2
10	3	1	2
11	3	1	2
12	3	1	2
13	3	1	2
14	3	1	2
15	3	1	2
16	3	1	2
17	3	1	2
18	3	1	2
19	3	1	2
20	3	1	2
21	3	1	2
22	3	1	2
23	3	1	2
24	3	1	2
25	3	1	2
26	2	3	1
27	2	3	1
28	2	3	1
29	2	3	1
30	2	3	1
31	2	3	1
32	2	3	1
33	1	2	3
34	1	2	3
35	1	2	3
36	1	2	3
37	1	2	3
38	1	2	3
39	1	2	3

40	1	2	3
41	1	2	3
42	1	2	3
43	1	2	3
44	2	1	3
45	2	1	3
46	2	1	3
47	2	1	3
48	2	1	3
49	2	1	3
50	2	1	3
51	2	1	3
52	2	1	3
53	2	1	3
54	2	1	3
55	2	1	3
56	2	1	3
57	2	1	3
58	3	2	1
59	3	2	1
60	3	2	1
61	3	2	1
62	3	2	1
63	3	2	1
64	3	2	1
65	3	2	1
66	3	2	1
TOTAL	139	116	141

En la tabla 6 se observa el resultado de la Prueba de Friedman el cual nos indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre estas tres bebidas.

Tabla 6 Resultado de la Prueba de Friedman

Muestra 15	Muestra 27	Muestra 33	p
2.11	1.76	2.14	0.0526

Por consiguiente de la prueba de Friedman, se puede concluir que la muestra 27 fue significativamente diferente a las muestras 15 y 33 en cuanto a su aceptabilidad, como lo señala la tabla 7.

Tabla 7 Resultado de la diferencia entre las 3 bebidas proteicas por la Prueba de Friedman

Tratamiento	Suma	Media	n
Muestra 27	116	1.76 ^a	66
Muestra 15	139	2.11 ^b	66
Muestra 33	141	2.14 ^b	66

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.050$)

Según la evaluación estadística se determinó que la muestra 27 fue la bebida como la preferida escogida por el panel, ya que fue la que obtuvo el menor puntaje total (116 puntos). El segundo lugar de aceptabilidad fue ocupado por la muestra 15 con 139 puntos y por último en tercer lugar ubicamos a la muestra 33 con 141 puntos.

Considerando solo al número de personas que otorgó el puntaje de 1 a su bebida proteica preferida, se obtuvo que la bebida 27 fue la de mayor aceptabilidad, siendo elegida por 31 personas (46.97% del total). En segundo lugar estuvo la bebida 15, elegida por 19 personas (28.79%) y por último la bebida 33, preferida por 16 personas (24.24%) (Figura 13).

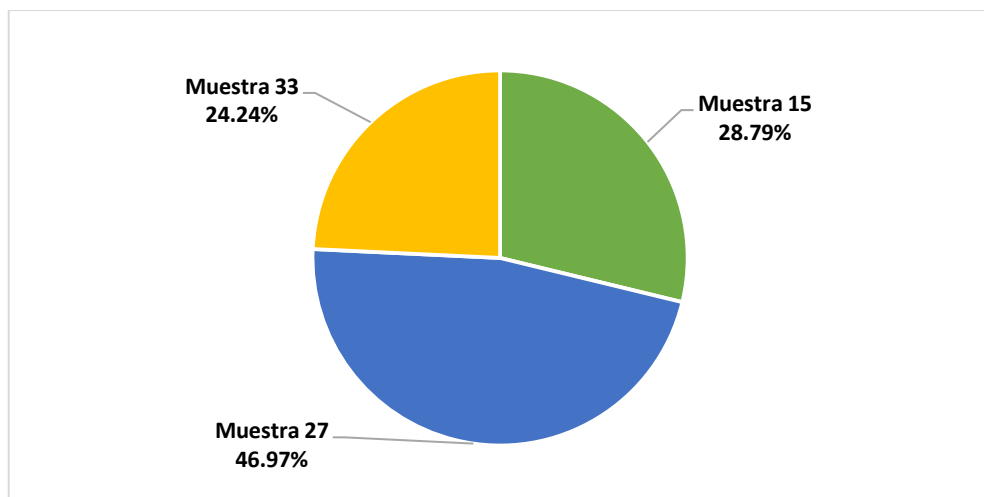


Figura 13 Bebida preferida por el panel no entrenado

La formulación 27 fue la bebida preferida por ambos sexos (Figura 14).

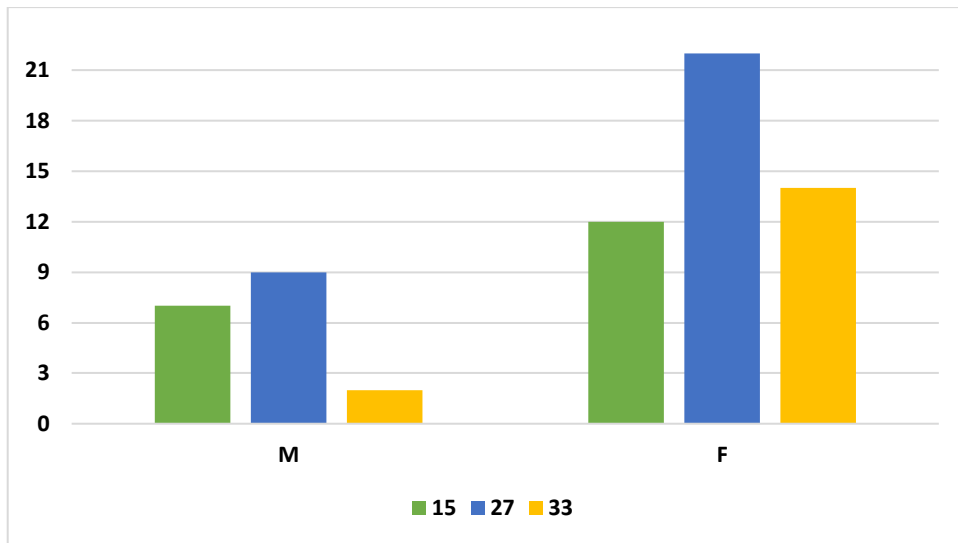


Figura 14 Bebida preferida según el sexo de los panelistas

Asimismo, la formulación 27 fue la bebida preferida por todos los grupos etarios que conformaron el panel de cata no entrenado (Figura 15).

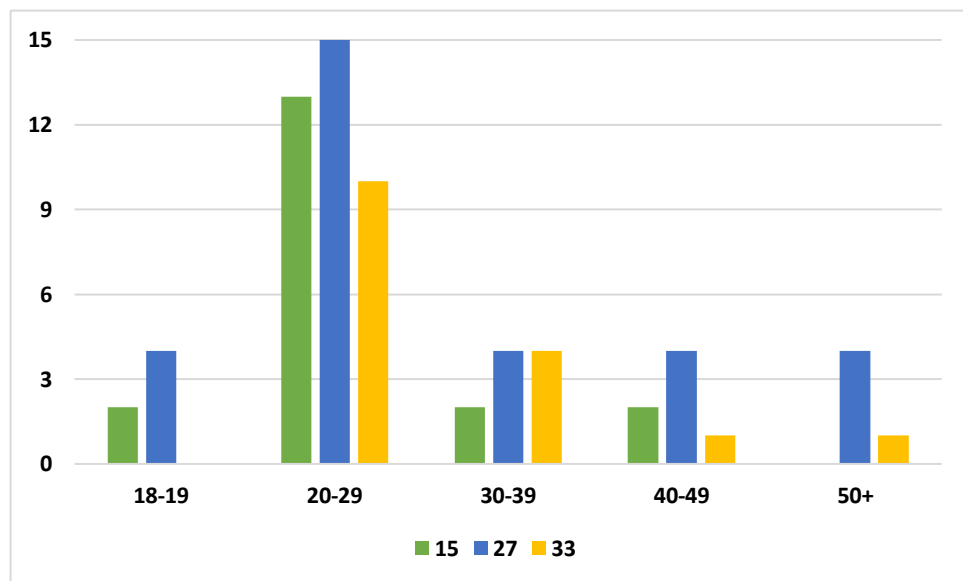


Figura 15 Bebida preferida según grupos etarios

V. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en el análisis químico proximal (Tabla 2) del grano y harina de Pajuro (muestra) se puede observar una composición rica en carbohidratos (50.08 - 69.89%), seguido de las proteínas (35.27 - 17.13%) y cenizas (11.59 - 5.84%).

Estos valores fueron contrastados con un estudio realizado por Barreda (1992) (8), el cual reporta valores similares de carbohidratos (58.20%), proteínas (29.50%) y cenizas (8.64%) con respecto al grano, estas variaciones porcentuales podrían darse debido a las distintas características edafológicas del terreno y las condiciones climáticas del lugar de cosecha y cultivo del pajuro.

Con respecto al tratamiento térmico, este no solo mejora sus propiedades físicas y organolépticas, sino también aumenta la utilización biológica de sus proteínas, debido a la destrucción de ciertos factores tóxicos como los inhibidores de la tripsina, hemaglutininas y otros inhibidores enzimáticos (27), por dicha razón en el presente trabajo los granos de Pajuro fueron sometidos a un proceso de cocción y secado. Cabe resaltar que dichos procesos no solamente afectan a los antinutrientes, sino también a la disponibilidad de algunas proteínas y aminoácidos tales como la lisina y cisteína (28).

El rendimiento harinero del Pajuro a partir de los granos frescos fue de 13.02%, siendo este valor menor en comparación al rendimiento de otras leguminosas tales como el frijol castilla (50%), frijol caraota (45%) y frijol ñuña (46.5%). En comparación con las harinas de los tubérculos y cereales el valor también resulta inferior, ya que sus rendimientos se encuentran dentro del rango de 20 a 25% y 58 a 72% respectivamente (38). Esto se justifica debido a la presencia de un alto contenido de humedad (87.20 %) en los granos frescos de Pajuro asimismo como las pérdidas en los procesos de molienda y tamizado.

La humedad determinada para la harina de Pajuro fue 2%, valor que no excedió al límite máximo permitido por las normas técnicas peruanas (14%) (39).

Con relación al contenido de cenizas que presentó la harina de Pajuro con un valor de 5%, se observó que este se encuentra dentro de los límites que puede tener un alimento procesado con un valor menor al 10% (30,40,41). Cabe resaltar que dicho valor concuerda con el reportado por Delgado *et al.* (2014) con un valor de 5.35 % (42).

Por último, Moyano (2002) menciona que una ventaja de utilizar harinas con bajo contenido de cenizas es la de producir una blancura más intensa que se ve reflejado en la calidad de los productos (30).

Sobre el porcentaje de proteínas para el grano de Pajuro, se obtuvo un valor alto de 35% que concuerda con otras especies de la familia de leguminosas como reporta Martínez y Astiasarán (2002), ellos señalan que los garbanzos presentan un 21%, los guisantes 26%, las lentejas 28% y las habas 30%, lo que los clasifica como alimentos altamente proteicos (27,29). Por otro lado Verástegui también reporta valores altos del contenido proteico de 2 variedades de leguminosas de diferentes lugares Pasco (26.24%) y Ancash (27.05%), él señala que la diferencia se debe a las condiciones climáticas, genéticas y factores como el suelo y siembra (43,44).

Asimismo, la harina de Pajuro presentó un porcentaje elevado de proteínas (17%), típico en las harinas de leguminosas. Dicho valor concuerda con el obtenido en el estudio realizado por Perez *et al.* (1979) quienes encontraron una variación del contenido proteico entre 18-21% (45). Cabe resaltar que la harina tuvo un proceso de cocción, el cual influye en la digestibilidad de la proteína y destrucción de factores antinutrientes.

Se evidenció que existe una diferencia en el contenido de proteínas entre el grano (35.27%) y la harina (17.13%), esto se explica debido a la presencia de proteínas hidrosolubles las cuales al entrar en contacto con el agua adoptan una conformación globular, esta característica se presentó al momento del lavado de los granos con el fin de quitarle impurezas. Otra causa de esta diferencia es la desnaturalización de las proteínas durante el proceso de cocción y secado debido a

la ruptura de los enlaces que mantienen a las estructuras cuaternaria, terciaria y secundaria de la proteína (46).

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%) (47,48). 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.

El porcentaje de grasa tanto para el grano como para la harina es menor a 1%, Martínez y Astiasarán (2002), reportan que las leguminosas en general poseen porcentajes de grasas bajos (<3%), a excepción de la soya que contiene entre 17 a 20% (28). Ellos aseguran que un escaso contenido de grasa reduce los principales procesos de alteración y mejoran la conservación del producto (28). Por otro lado al comparar el valor de la grasa del Pajuro con cereales como por ejemplo 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 es bastante desarrollado (25% del total del grano) (49, 50, 51).

Según Fenemma (1999) 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. Asimismo Salvador (2006) explica que dichas reacciones forman complejos insolubles resistentes al medio ácido y básico. Además menciona los factores que pueden influir en el desarrollo de las reacciones de Maillard, tales como el abundante contenido de proteínas y carbohidratos y las altas temperaturas que se pudieron haberse dado durante el proceso de secado del Pajuro. Conviene subrayar que la reacción de Maillard disminuye el valor nutritivo de las proteínas debido a la participación de las mismas para la reacción carbonil-amina (52).

En la composición mineral, los macrominerales más abundantes tanto en el grano como en la harina de Pajuro son el calcio, potasio, magnesio y fósforo. Además, se encontró un mayor contenido de minerales en el grano seco de Pajuro en comparación con la harina.

En las tablas 3 y 4 se pueden observar las concentraciones de los macrominerales y oligoelementos tanto en el grano como en la harina de Pajuro, los cuales son comparables con otros alimentos de la dieta diaria. Por ejemplo, la leche de vaca presenta 125 mg/100 g de calcio, valor similar a lo encontrado en los granos de Pajuro (118.8 mg/100 g). En tanto, el contenido de fósforo en el Pajuro (884.7 mg/100 g) fue casi 4 veces mayor que el del pescado (225 mg/100 g). En cuanto al hierro, este se encuentra en similares concentraciones en el Pajuro y la espinaca (3.7 y 4.1 mg/100 g, respectivamente). Por otro lado, en el Pajuro podemos encontrar mayores concentraciones de magnesio que en la almendra (357 y 258 mg/ 100 g, respectivamente). Interesantemente, el Pajuro puede contener hasta 14 veces más potasio que el plátano (5725 y 393 mg/100 g, respectivamente) (53,54).

Se debe hacer hincapié en el contenido de calcio que presenta el Pajuro ya que esta sobrepasa la ingesta mínima de calcio diario en el ser humano que es de 700 mg/día (55), por lo cual el Pajuro sería una buena alternativa de consumo e incorporación dentro de la dieta del poblador peruano (30) y así poder generar productos transformados como harinas precocidas, galletas, panes entre otros.

En comparación con otras legumbres, el Pajuro presenta concentraciones superiores en minerales como el calcio, hierro, magnesio y potasio. Una de dichas legumbres son las habas cuya concentración de calcio es de 22 mg/100 g mientras que en el Pajuro es de 118.9 mg/100 g. Asimismo, las habas contienen menos hierro (1.9 mg/100 g) que el grano de Pajuro (3.75 mg/100 g). La concentración de magnesio es superior en el Pajuro (357.5 versus 38 mg/100 g). Por último, el contenido de potasio en las habas es 250 mg/100 g, mientras que en la semilla de Pajuro es 5725.82 mg/100 g (28,53 ,56).

En general, los contenidos de plomo (<0.10 mg/kg), mercurio (<0.002 mg/kg) y cadmio (<0.05 mg/kg) no alcanzan los niveles máximos de toxicidad de 0.20 mg/kg (57,58), por lo que podemos decir que dicho alimento es apto para el consumo.

El Pajuro es un alimento promisorio en el Perú debido a que no existe un conocimiento profundo y actualizado de su valor nutricional. De modo que la presente investigación da a conocer la composición química proximal y de los minerales que presenta dicha legumbre, al mismo tiempo que se hace posible la elaboración de una bebida proteica mediante la obtención de una harina que pueden servir como punto de partida para las diferentes aplicaciones y desarrollar así productos alimentarios de gran importancia nutricional.

VI. CONCLUSIONES

- Los granos de Pajuro (*Erythrina edulis*) en base seca contienen carbohidratos (50.08%), seguido de proteínas (35.27%), cenizas (11.59%), fibra (1.42%) y grasa (1.64%).
- La harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) contiene principalmente carbohidratos (69.89%), seguido de proteínas (17.13%), fibra (6.25%), cenizas (5.84%) y grasas (0.89%).
- El contenido macrominerales tales como el calcio (1.19g/kg), fósforo (8.85g/kg), magnesio (3.58g/kg), potasio (57.26g/kg) y sodio (0.08g/kg) se encuentran en mayor concentración en el grano de Pajuro.
- El contenido de oligoelementos como el cobre (21.90mg/kg), hierro (37.50mg/kg), manganeso (15.84mg/kg) y zinc (140.28mg/kg) se encuentran en mayor concentración en el grano de Pajuro.
- El rendimiento de obtención de la harina, con respecto al peso de granos frescos de Pajuro, fue 13.02%
- La mezcla 27 (compuesta por 3 g de harina de Pajuro, 8 g de leche en polvo, 4 g de azúcar en polvo, 0.6 g de pectina y 0.75 g de cacao en polvo) fue la que tuvo mayor aceptabilidad (46.97%) por parte del panel no entrenado, conformado por 18 varones y 58 mujeres.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ENDES (Encuesta Demográfica y de Salud Familiar). (2009). Estado de la Niñez Indígena en el Perú. Disponible en: https://www.unicef.org/peru/spanish/ENI_2010.pdf
2. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2015). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Mapa del hambre 2015 de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/hunger/es/>
3. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Nutrición. Requisitos Nutricionales. Grasas dietéticas. Disponible en: <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/dietary-fats/es/>
4. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Nutrición. Requisitos Nutricionales. Proteínas. Disponible en: <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/proteins/es/>
5. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Nutrición. Requisitos Nutricionales. Carbohidratos. Disponible en: <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/carbohydrates/es/>
6. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Nutrición. Requisitos Nutricionales. Minerales. Disponible en: <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/minerals/es/>
7. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Nutrición. Requisitos Nutricionales. Vitaminas. Disponible en: <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/vitamins/es/>
8. BARREDA M, N. El Chachafruto, basul o sachaporoto pasado, presente y futuro en Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira. Universidad Nacional de Colombia.1992; Vol 1:1-10,15-25.
9. ACERO D, Luis Enrique. Guía para el cultivo y aprovechamiento del “Chachafruto o Balu”. Revista Convenio Andrés Bello.1996; Vol. 1:1-3.

10. Universidad EIA. Catálogo de flora del Valle de Aburrá. [Catálogo virtual]. 2014. [citado 01 Agosto 2017]. Disponible en: <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/55/especies/220>.
11. BARREDA M, N. El Chachafruto, *Erythrina edulis*. Universidad Nacional de Colombia.1990: Vol. 1: 1-7.
12. ARAUJO A., V. Estudio taxonómico e histológico de seis especies del genero *Erythrina* L. (Fabaceae). [Tesis de Maestría]: Lima. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. Peru. 2005.
13. MISSOURI BOTANICAL GARDEN – TROPICOS. Nomenclatura Data Base. Consultada en 2017. Disponible en: <http://www.tropicos.org>)
14. BURKART A. *Erythrina edulis*: Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. 2da ed. Buenos Aires- Argentina: Acme Agency, 1952.
15. VILLACRES R, M. Estudio químico bromatológico de las semillas de *Erythrina edulis* Triana ex Micheli “Pajuro”. [Tesis para optar el grado de académico Químico Farmacéutico]. Ciudad de Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1987.
16. INTIQUILLA Q., A. Evaluación de la actividad antioxidante de las fracciones peptídicas de hidrolizados proteínicos obtenidos a partir de semillas de *Erythrina edulis*). [Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos]. Ciudad de Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
17. Párraga A, López G, Gonzales J, Valdivia I. Estudio Etnobotánico del Genero *Erythrina* en la reserva de biosfera Oxapampa-Asháninka-Yáneska, Instituto de Investigación UNDAC, Oxapampa, 2016.
18. ESCAMILO C, S. El Pajuro, Tesoro alimenticio escondido en los Andes.1a ed. Lima: Fondo Editorial USMP; 2015.
19. AGROFORESTRY DATABASE CENTRE. (2009). *Erythrina edulis*. Disponible en: http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Erythrina_edulis.PDF.
20. ESCAMILO C, S. Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción, Investigaciones Sociales UNMSM. 2012; Vol 16: 16-20.
21. Párraga A, López G, Gonzales J, Valdivia I, Vásquez R. Identificación Taxonómica de Especies del Género *Erythrina* en la reserva de biosfera

- Oxapampa-Asháninka-Yáneska, Instituto de Investigación UNDAC, Oxapampa, 2016.
22. Triviño T, Rodríguez J. El chachafruto (*Erythrina edulis* Micheli): Un valioso recurso genético de los andes sudamericanos. Producción de frutos, semillas y forrajes, CONIF-CORPOCALDAS. 1996; 2.
 23. Ocaña, D. Desarrollo forestal campesino en la región andina del Perú. [Libro en internet].Perú: Ministerio de agricultura, 1994. [Citado 03 Nov 2017]. Disponible en: <http://www.bosquesandinos.info/biblioteca/items/show/2391>
 24. Russo R. *Erythrina*: Un género versátil en sistemas agroforestales del trópico húmedo. CATIE.1984. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/bitstream/handle/11554/1664/Erythrina_un_genero_versatil.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 25. CUBERO, J.I y MORENO, M.T. Leguminosas de granos. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España.1983.
 26. LOPEZ P. VERONICA. Composición química de los alimentos. Red Tercer Milenio.1era edición.Mexico.2012).
 27. MARTÍNEZ JA, ASTIASARÁN I. Alimentos Composición y Propiedades. Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA. 1^{ra} ed. España. 2002.
 28. ANSELMÍ V. Milagro. Procesamiento de una mezcla de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y habas (*Vicia faba* L.). [Tesis para optar el grado de Ingeniera de Industrias Alimentarias]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1999.
 29. CANDIOTTI F, M. Estudio técnico para la elaboración de harinas precocidas a partir de los frijoles Caraota y Castilla. [Tesis para optar el grado de Ingeniero de Industrias Alimentarias]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1977.
 30. MOYANO C, L.E. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de habas en la elaboración de galletas dulces y evaluación durante su almacenamiento. [Tesis para optar el grado de Ingeniero de Industrias Alimentarias]. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2002.
 31. JULIÁN-LOAEZA, A.P. 2009. Propiedades físicas y químicas de tres variedades del fruto de *Annona diversifolia*. Tesis para optar el título de

- Ingeniero en Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. México. 14p.
32. A.O.A.C INTERNATIONAL. (2010). Official methods of Analysis of AOAC International. 18th edition. 3 revisions. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities. Chapter 4, pp 1, 34, 44.
 33. KERN & SOHN GMBH. 2012. Application notes Moisture analyzer Version 1.0., 1-42).
 34. LIN LAB RIOJA. Soluciones Valoradas: Panreac. [Internet]. [Consultado 10 Junio 2018]. Disponible en: http://www.linlabrioja.com/_pdf/normalizacion_soluciones_valoradas.pdf
 35. VELD SCIENTIFICA. 2013. Operating Manual FIWE Raw Fiber Extractors. Versión 1.0.,1-20.
 36. USAID (UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT). (2005). Normas y Estándares de Catación para la región de Centroamérica. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadg946.pdf
 37. Institute of Food Technologists (IFT). Sensory Evaluation. (2014) Disponible en: <http://www.ift.org/knowledge-center/read-ift-publications/journal-of-food-science/authors-corner/supplementary-instructions-for-specific-topics/sensory-evaluation.aspx>
 38. MENESES T, Víctor. Sustitución de harina de trigo por harina de frijol ñuña en la elaboración de galletas dulces utilizando los métodos de horneado convencional y microondas. [Tesis para optar el título de Ingeniero de Industrias Alimentarias]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1991.
 39. INSTITUTO PARA LA CALIDAD (INACAL). Harinas: Determinación del contenido de humedad. Norma Técnica Peruana 205.037:1975.2016
 40. ORTEGA JIMÉNEZ, C.A. Elaboración de barras nutritivas a partir de cereales andinos. [Tesis para optar el grado de Ingeniero de Industrias Alimentarias]. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2005.
 41. INSTITUTO PARA LA CALIDAD (INACAL). Harinas: Determinación de cenizas. Norma Técnica Peruana 205.038:1975.2016.

42. DELGADO N., ALBARRACÍN W. Microstructure and functional properties of chachafruto (*Erythrina edulis*) and quinoa (*Chenopodium quinoa* w) flours: potential meat extenders. *Tecnología de alimentos Colombia*. 2014; 2; 30-45.
43. VERASTEGUI M. Javier G. Caracterización de cinco variedades de Arvejas (*Pisum sativum*), obtención de harina y sus posibles usos en la industria alimentaria. [Tesis para optar el título de Ingeniero de Industrias Alimentarias]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1982.
44. COCCHELLA V. T. Antinutrientes de Leguminosas de Mayor Consumos en el País. [Tesis para optar el grado de Doctora en Farmacia y Bioquímica]. Ciudad de Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1987.
45. PÉREZ, G.; MARTÍNEZ, C.; DÍAZ, E. Evaluation of the protein quality of *Erythrina edulis* (balú). *Arch Latinoam Nutr*. 1979; 29(2), 193-207
46. SALVADOR B, D. Química de los Alimentos. Cuarta edición. México, Pearson Educación. 2006.
47. ANTICONA A.L. Comparación físico-química y reológica de harinas: trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*) y triticale (x *Triticosecale*) en elaboración de pan. [Tesis para optar el grado de Ingeniera de Industrias Alimentarias].
48. ANAYA H, Roxana. Elaboración de una barra nutritiva a base de maca, harina de cereales andinos, concentrado proteico de soya, jarabes naturales y “awaymantu”, (*Physalis peruviana* L.) deshidratado osmóticamente. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2007.
49. MARX H. Ivan, A. Obtención de galletas fortificadas con salvado de quinua, kañiwa y kiwicha. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Industrias Alimentarias]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2009.
50. AGAPITO F, Teodoro. Tabla de Composición Químico de los Alimentos. Biblioteca Agrícola Nacional. Universidad Nacional Agraria. Lima: Ysabel; 1990.

51. BEJARANO I, E.; BRAVO A, M. Tabla composición de alimentos industrializados contenido 100g alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Centro de Documentación e Información del Instituto Nacional de Salud. Lima.1993.
52. FENNEMA O, TANNERBAUM S. Introducción a la química de alimentos. 2da.ed. New York: EDITORIALBOARD; 1999.
53. COLLAZOS, C. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud. Lima. 7^{ma} ed. Perú. 1996.
54. FAO Review of Food Consumption Surveys 1977, Vol. 2. Far East Africa, Latinoamerica, FAO. Food and Nutrition Paper.
55. Department of Health & Human Services. Office of Dietary Supplements. National Institutes of Health –NIH. [Internet]. [Consultado 27 Jun 2018]. Disponible en:https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/guia_nutricion/compo_minerales.htm.
56. Martín P, G. Tabla de composición de alimentos. Disponible en: http://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/guia_nutricion/recom_composic.htm.
57. ACERO D, L, BARREDA M, N. Chachafruto cultivo y aprovechamiento. Universidad Distrital y Universidad Nacional. 1^{era} ed. Colombia: Santa Fe de Bogotá; 1996.
58. DIAZ A, A. Tabla de la Unión Europea de contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios. Revisión marzo 2017. CATICE de Valencia. Secretaría de Estado de Comercio.

ANEXO 1: Posición de siembra de la especie *Erythrina edulis*.



Foto: Gaby Espinoza

ANEXO 2: Plántula de *Erythrina edulis*.



Foto: Gaby Espinoza

ANEXO 3: TABLA DEL CONTENIDO DE OTROS MINERALES EN EL GRANO Y HARINA DE PAJURO.

Otro minerales	Concentración (mg/kg)	
	Grano de <i>Erythrina edulis</i>	Harina de <i>Erythrina edulis</i>
Antimonio	<0.25	<0.25
Boro	12.79	9.17
Cerio	<0.02	<0.02
Estroncio	1.41	3.81
Litio	<0.15	<0.15
Silicio	42.97	26.26
Titanio	<0.15	<0.15

ANEXO 4: TABLA DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN EL GRANO Y HARINA DE PAJURO.

Metales pesados	Concentración (mg/kg)	
	Grano de <i>Erythrina edulis</i>	Harina de <i>Erythrina edulis</i>
Aluminio	56.00	2.16
Arsénico	<0.06	<0.06
Bario	0.50	0.59
Berilio	<0.05	<0.05
Cadmio	<0.05	<0.05
Mercurio	<0.002	<0.002
Molibdeno	5.39	1.41
Níquel	9.38	1.73
Plata	< 0.05	<0.05
Plomo	<0.10	<0.10
Talio	<0.25	<0.25
Vanadio	<0.05	<0.05

ANEXO 5: EVALUACIÓN SENSORIAL

a. Cartilla de evaluación sensorial

PRUEBA DE ORDENAMIENTO¹

Sexo:.....

Edad:.....

Fecha:.....

Producto: Bebida proteica a base de harina de Pajuro

Sírvase probar las muestras que se le presentan. Ordénelas según su preferencia, colocando en primer lugar la que más le guste, y en último lugar, la que menos le guste.

Orden de preferencia	Código de la muestra
Primero (la que más me agrada)	
Segundo	
Tercero (la que menos me agrada)	

Comentarios: ¿Por qué prefieren esa bebida? :

.....
.....
.....

MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACION!!!

¹ Realizado por el Institute of Food Technologists (IFT)

ANEXO 6: TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS²

Tabla de Números Aleatorios

92 73 35 54 98 26 56 39 28 82 91 43 06 93 24 72 00 82 80 75 85 19 70 64 43
16 51 87 38 01 90 16 71 58 81 97 58 00 77 86 36 00 66 83 36 01 19 53 58 68
33 17 94 03 07 27 41 40 81 74 55 96 82 24 83 90 41 63 36 50 48 18 86 67 17
27 57 83 36 77 07 53 58 09 94 24 00 21 76 21 58 55 77 99 65 52 38 17 40 90
61 29 94 65 15 91 54 01 44 49 97 49 97 99 48 94 72 47 63 35 36 06 68 95 71
83 81 58 29 20 93 72 49 83 27 06 73 46 53 80 05 74 62 18 31 95 28 64 99 86
19 73 59 65 95 16 27 57 65 41 36 49 07 54 07 43 91 74 14 40 95 28 57 76 51
32 47 42 59 60 96 19 56 32 02 16 03 06 41 98 79 75 15 66 64 63 29 50 27 92
19 44 93 63 76 45 72 47 25 60 18 69 63 00 95 80 72 06 98 19 73 61 99 74 05
75 87 08 73 42 32 58 61 49 91 95 40 38 76 23 84 49 63 08 97 68 61 99 05 55
09 88 60 27 23 44 53 22 40 86 35 87 80 47 11 96 23 64 69 33 80 49 89 24 01
40 69 87 66 60 64 95 99 77 03 79 67 71 05 99 00 48 94 87 42 18 98 77 33 81
53 54 06 47 69 72 03 60 45 24 21 42 53 79 70 87 15 89 22 45 71 80 10 29 10
48 52 50 77 53 33 50 89 98 24 19 74 34 26 41 12 11 50 40 11 58 08 97 80 25
91 52 19 84 90 77 32 15 76 35 44 71 26 06 01 91 57 51 20 03 84 44 32 90 30
56 32 08 70 52 62 85 85 53 60 00 26 26 76 80 43 56 95 78 65 20 81 11 25 21
68 54 50 25 19 38 80 73 89 22 63 34 31 24 12 88 25 99 34 44 19 08 20 74 51
41 46 28 06 13 95 62 19 35 63 90 94 04 59 81 16 57 45 02 98 97 35 35 17 44
11 91 09 05 33 02 68 19 97 21 67 79 26 16 91 54 10 56 58 61 31 24 22 34 95
78 96 49 50 26 57 35 48 61 03 38 80 07 08 00 83 09 42 96 63 45 24 01 96 21
39 00 27 47 60 83 45 25 28 77 57 99 02 56 59 98 38 25 89 65 07 91 84 67 81
58 08 80 92 56 85 62 98 67 67 95 03 17 42 26 96 44 19 06 74 31 39 97 94 27
56 81 87 37 10 56 34 49 22 78 50 96 35 45 40 21 51 98 10 18 02 06 48 96 58
36 35 32 43 44 69 88 75 56 07 86 01 84 12 25 39 71 66 87 17 89 23 53 07 31
51 93 66 36 87 42 90 04 20 32 09 36 63 34 92 02 34 96 00 65 37 61 22 15 69
68 28 29 88 56 53 00 66 27 29 08 05 73 10 47 05 21 45 98 77 01 01 48 45 39
73 21 85 37 49 94 48 60 83 76 34 69 65 58 41 14 79 53 32 88 87 69 97 80 92
02 50 08 84 77 23 90 50 36 16 69 81 53 97 43 48 06 85 37 06 81 00 48 13 19
28 49 35 23 70 84 43 13 05 94 47 13 65 25 13 95 29 93 65 45 50 12 61 20 06
84 95 64 21 30 40 87 75 49 77 07 51 00 99 20 55 96 12 18 61 80 37 92 91 91
61 67 92 67 17 03 92 42 50 75 01 98 45 10 05 78 87 90 47 73 02 98 19 89 04
25 01 68 34 92 17 99 59 73 84 82 75 01 78 64 10 09 07 09 56 08 95 86 18 94
20 72 90 17 09 02 64 44 68 72 65 83 44 44 05 96 85 90 55 00 36 28 10 04 88
72 30 42 62 43 21 12 23 11 00 08 84 12 22 08 32 56 55 63 16 06 86 46 28 40
79 89 79 56 56 52 17 02 58 37 33 20 07 40 39 35 33 98 80 47 54 03 31 08 17
41 32 02 75 96 74 65 72 58 01 74 79 29 05 29 97 26 91 36 36 20 07 46 35 19
24 59 60 88 81 13 46 20 67 80 84 81 97 94 32 14 22 07 84 10 75 77 18 14 65
48 51 76 58 18 11 55 87 94 27 60 26 92 09 00 71 97 72 05 30 14 21 83 99 46
27 05 35 96 75 06 17 26 28 05 31 20 79 16 72 27 09 62 94 26 06 78 56 42 82
19 73 48 30 37 22 73 62 86 68 06 92 82 65 10 44 54 09 11 70 91 01 26 15 61
10 59 61 30 64 18 52 97 24 80 81 40 99 83 02 28 97 79 99 29 82 37 41 79 33
06 20 64 72 63 79 92 43 52 33 86 12 76 48 29 77 02 34 49 00 40 83 62 63 94
92 42 30 97 23 74 83 22 11 41 73 53 48 10 58 00 06 97 25 53 36 01 06 61 74
86 79 11 15 34 00 26 83 82 10 48 32 37 41 48 60 89 27 58 07 74 48 23 98 74
60 88 55 02 30 59 97 88 69 09 05 03 63 84 72 26 71 02 18 54 16 61 94 44 07
74 09 21 65 09 32 54 78 17 61 41 84 72 37 06 92 44 02 30 78 43 56 00 74 48
90 75 09 73 22 45 70 71 03 26 14 31 86 14 46 21 97 96 81 73 88 04 88 37 99
14 72 51 66 03 84 60 44 03 15 66 73 62 29 38 49 58 81 94 87 98 66 17 22 98
23 20 32 85 06 98 69 68 60 11 23 40 29 11 30 95 57 54 85 83 44 82 12 48 80
47 71 02 68 97 71 72 57 50 28 00 05 44 94 39 01 47 28 79 18 60 97 87 65 41

² Realizado por el Institute of Food Technologists (IFT)

ANEXO 8: TABLA DEL ANALISIS DE FRIEDMAN

Prueba de Friedman

Muestra 15	Muestra 27	Muestra 33	T ²	p
2.11	1.76	2.14	3.01	0.0526

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 22.391

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n
Muestra 27	116.00	1.76	66 A
Muestra 15	139.00	2.11	66 B
Muestra 33	141.00	2.14	66 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.050)