Artículo de Investigación

Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (Erythrina edulis) para elaborar bebidas proteicas

Espinoza-Córdova, Gaby; Rojas, Rosario; Espinoza-Montesinos, Francisco

Gaby Espinoza-Córdova
gaby.espinoza.c@upch.pe
Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú

Rosario Rojas
rosario.rojas@upch.pe
Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú

Francisco Espinoza-Montesinos
fem129@hotmail.com
Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú

Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA
Centro de Estudios Transdisciplinarios, Bolivia
ISSN: 2664-0902
ISSN-e: 2664-0902
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 5, núm. 14, 2021
editor@revistaalfa.org

Recepción: 17 Febrero 2021
Aprobación: 24 Marzo 2021
Publicación: 04 Mayo 2021

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5402509034/

Resumen: El presente trabajo contribuye en dar a conocer al Pajuro proveniente de Oxapampa como una buena fuente de proteína vegetal con el fin de fomentar su consumo y ayudar a reducir los niveles de desnutrición de la población. El objetivo de esta investigación es 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 degustada y evaluada por un panel de cata no entrenado. La metodología empleada fue de diseño experimental, de tipo preexpeimental con un nivel de estudio de caso con una sola medición. Como conclusión se pudo determinar que los granos de Pajuro (Erythrina edulis) y la harina de este en base seca están compuestos por carbohidratos, proteínas, cenizas, fibra y grasa, y es rica en oligoelementos y macrominerales beneficiosos para las personas.

Palabras clave: Análisis químico- proximal, bebida proteica, Erythrina edulis, harina, leguminosa, Pajuro, proteínas.

Abstract: This work contributes to making Pajuro from Oxapampa known as a good source of vegetable protein in order to promote its consumption and help reduce the levels of malnutrition in the population. The objective of this research is to know the chemical- proximal composition of the Pajuro grains and flour from the province of Oxapampa and, based on the latter, to propose the elaboration of a protein drink with a chocolate flavor tasted and evaluated by an untrained tasting panel. The methodology used was of an experimental design, of a pre- experimental type with a case study level with a single measurement. As a conclusion, it was determined that Pajuro grains (Erythrina edulis) and its flour on a dry basis are composed of carbohydrates, proteins, ashes, fiber and fat, and are rich in trace elements and macrominerals that are beneficial for people.

Keywords: Chemical-proximal analysis, protein drink, Erythrina edulis, flour, legume, Pajuro, proteins.

Resumo: O presente trabalho contribui para tornar conhecido o Pajuro de Oxapampa como uma boa fonte de proteína vegetal, a fim de promover seu consumo e ajudar a reduzir os níveis de desnutrição na população. O objetivo desta pesquisa é conhecer a composição químico-proximal dos grãos e da farinha de Pajuro da província de Oxapampa e, com base nesta última, propor a elaboração de uma bebida proteica com sabor de chocolate degustada e avaliada por um painel de degustação destreinado. A metodologia utilizada foi um projeto experimental, do tipo pré-

experimental, com um nível de estudo de caso com uma única medida. Em conclusão, foi determinado que os grãos de Pajuro (Erythrina edulis) e sua farinha em base seca são compostos de carboidratos, proteínas, cinzas, fibras e gordura, e são ricos em oligoelementos e macrominerais que são benéficos para os seres humanos.

Palavras-chave: Análise química próxima, bebida protéica, Erythrina edulis, farinha, legume, Pajuro, proteína.

INTRODUCCIÓN

En el Perú se tienen altos niveles de desnutrición, anemia y otros problemas de alimentación semejantes. Las poblaciones rurales presentan un 44.7% de desnutrición, mientras que las urbanas un 16% (1).

Cabe mencionar que la desnutrición es aquella situación en la que una persona no es capaz de consumir alimentos suficientes para satisfacer las necesidades dietéticas mínimas diarias en un periodo anual. En ese sentido, para evitar la desnutrición, existen macronutrientes y micronutrientes importantes en la ingesta diaria (2). En los macronutrientes están las grasas, como fuente de energía para las actividades metabólicas y estructurales (3); las proteínas, 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 los micronutrientes están los minerales, que provocan reacciones químicas y forman parte de muchos tejidos como el calcio, el fósforo, el potasio, el hierro, el sodio, el azufre, el cloro y el magnesio (6). Asimismo, las vitaminas (en pequeñas cantidades) son esenciales para el crecimiento y las actividades corporales normales (7).

En el país 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). Este 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 desde Venezuela hasta Bolivia (8).

A nivel mundial existen alrededor de 113 especies de Erythrina, de las cuales 10 crecen en el Perú y ocho 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; 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. Las semillas presentan una forma de frijol grande, con un tamaño promedio de 5 x 2.5 cm y poseen una 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. 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).

Por todo ello, el presente estudio planteó como preguntas 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? Y como objetivo 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. Así también, los objetivos específicos fueron: 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

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en esta investigación posee un diseño experimental, de tipo preexpeimental con un nivel de estudio de caso con una sola medición, en base a esto se define el diseño experimental como aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas, de igual manera el tipo de investigación preexperimental se utiliza cuando se requiere probar experimentos con un mayor control y puede servir como estudio exploratorio. Asi mimo su nivel de estudio basado en un estudio de caso de una sola medición se refiere a aplicar un estimulo o tratamiento a un solo grupo y administrar despues una medición en una o más variables (12)

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

Obtención de la harina de Pajuro

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 (13,14)

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 (15,16). Además, con la realización de este proceso se evita la coloración oscura de la harina, el sabor amargo y la sensación de astringencia (17)

Cocción:

Este tratamiento térmico (Figura 1) 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 azucares no digeribles (14,17)

FIGURA 1
Cocción de los granos de Pajuro.

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 2). 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 aw (actividad de agua) y deteniendo la mayoría de las reacciones de degradación (16)

FIGURA 2
Secado de los granos de Pajuro mediante estufa Fuente: Elaboración propia

Molienda por rodillos:

Se usó un molino de rodillos de la marca Corona (Figura 3) para reducir el tamaño de partículas y facilitar el proceso de la segunda molienda.

FIGURA 3
Molino de rodillos marca corona

Molienda por cuchillas:

En este proceso se utilizó un molino de cuchillas marca Retsch-Modelo DR100 (Figura 4) con el fin de darle una mejor textura y presentación a la harina.

FIGURA 4
Molino de cuchillas marca Restch.

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 (18

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 (19). Todos los procedimientos utilizados en los análisis proximales fueron realizados bajo los parámetros de la Association of Analytical Communities, AOAC INTERNATIONAL (20), 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

$$\%\ Cenizas\ en\ base\ seca = \left(\frac{Peso\ del\ crisol\ mas\ ceniza\ (g) - Peso\ del\ crisol\ (g)}{Peso\ muestra\ seca\ (g)}\right) x100$$

$$\%\ de\ Cenizas\ en\ base\ fresca = \frac{Cenizas\ en\ base\ seca\ (\%)\ x\ (100 - \%\ Humedad)}{100}$$

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 (20). Para la obtención del porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente fórmula:

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 (19); 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 (Na2SO4) y sulfato de cobre (CuSO4) en proporción de 9:1 y se adicionó 14 mL de ácido sulfúrico (Importar imagen) 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 (20)

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 (20).

$$\%\ \textbf{Proteína en base seca} = \left(\frac{\mathbf{14 \times (Vm - Vb) \times N \times Fp}}{\mathbf{Pm}}\right)$$

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

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

Donde:
Vm: Volumen gastado en mililitros de HCl de la muestra
Vb: Volumen gastado en mililitros de HCl del blanco
N: Normalidad del HCl
Fp: Factor proteico 6.25
Pm: Peso en gramos de la muestra

$$\%\ Grasas\ en\ base\ seca = \left(\frac{Peso\ balon\ mas\ grasas\ (g) - Peso\ balon\ vacio\ (g)}{Peso\ de\ la\ muestra}\right) x100$$

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

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-odelo RC2) a una temperatura de 250°C por 4 horas; todo este proceso ser 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 (20). El porcentaje de grasa de la muestra fue calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%\ Fibra\ en\ base\ seca = \left(\frac{F1\ (g) - F2(g)}{Peso\ muestra\ (g)}\right) x100$$

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

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 (H_2SO_4) 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 calculado por diferencia de pesos mediante la siguiente fórmula (21).

$$\%\ Carbohidratos\ en\ base\ seca = 100 - (\%\ Grasas + \%\ Cenizas + \%\ Proteinas + \%\ Fibra)$$

$$\%\ Carbohidratos\ en\ base\ fresca = 100\% - (Humedad\ (\%) + Grasa\ en\ Base\ Fresca\ (\%) + Proteinas\ en\ Base\ Fr + Cenizas\ en\ Base\ Fresca\ (\%) + Fibras\ en\ Base\ Fresca\ (\%))$$

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 (20).
El porcentaje de carbohidratos fue calculado con la siguiente fórmula:

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

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

TABLA 1
Formulación de las diferentes mezclas proteicas

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. Los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente, escogiéndose la formulación de mayor preferencia por el panel de cata no entrenado

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 (22). Para dicha cantidad de participantes se preparó 1800 mL de cada formulación para lo cual se trabajó con cantidades proporcionales a las mezclas mencionadas. 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 (23,24), 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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. Seguidamente, este producto fue sometido a una segunda molienda con cuchillas en la cual se consiguió 1.692 kg de producto final (Figura 5). Las pérdidas registradas fueron de 57 g (3.01%) y 144 g (7.84%) para la primera y segunda molienda, respectivamente

FIGURA 5
Harina de Pajuro obtenida por el molino de cuchillas.

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

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

$$Rendimiento\ \% = 13.02$$

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

Análisis proximal de las muestras

Los resultados del análisis químico proximal del grano y de la harina de Pajuro (Erythrina edulis) son mostrados en la Tabla 2, estos se expresan como porcentaje ± 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%).

Componente	Contenido (%)	
	Grano de *Erythrina edulis*	Harina de *Erythrina edulis*
Proteína cruda	35.27 ±0.26	17.13 ±0.05
Fibra	1.42 ±0.18	6.25 ±0.53
Ceniza	11.59 ±0.11	5.84 ±0.08
Grasa	1.64 ±0.07	0.89 ±0.18
Carbohidratos	50.08 ±0.30	69.89 ±0.49
%Humedad	Grano de *Erythrina edulis*	Harina de *Eryhtrina edulis*
	87.20 ±0.19	2.57 ±0.36

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

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.

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.

Macrominerales	Concentración (g/kg)	
	Grano de *Erythrina edulis*	Harina de *Erythrina edulis*
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

TABLA 3.
Contenido de macrominerales en el grano y harina de Pajuro.

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.

Oligoelementos	Concentración (mg/kg)	
	Grano de *Erythrina edulis*	Harina de *Erythrina edulis*
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

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

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

Se elaboraron 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 con 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

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

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

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

Muestra 15	Muestra 27	Muestra 33	p
2.11	1.76	2.14	0.0526

TABLA 6
Resultado de la Prueba de Friedman

Muestra 15	Muestra 27	Muestra 33	p
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

TABLA 7
Resultado de la diferencia entre las 3 bebidas proteicas por la Prueba de Friedman.
Nota. 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 6)

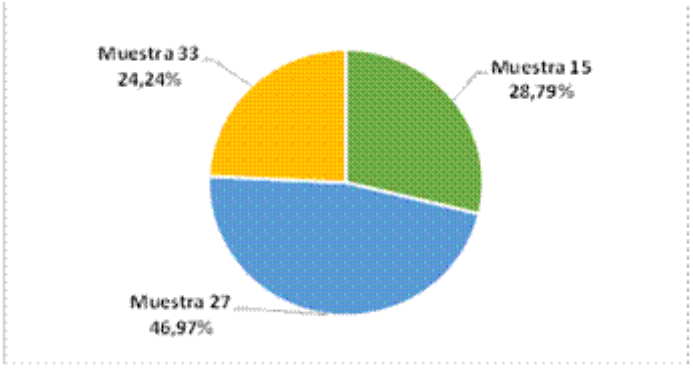

FIGURA 6
Bebida preferida por el panel no entrenado

La formulación 27 fue la bebida preferida por ambos sexos (Figura 7)

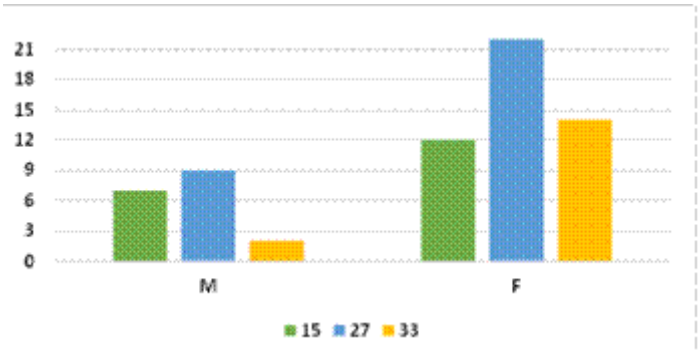

FIGURA 7
Bebida preferida según el sexo de los panelistas

Asimismo, la formulación 27 fue la bebida preferida por todos los grupos etarios que conformaron el panel de cata no entrenado (Figura 8).

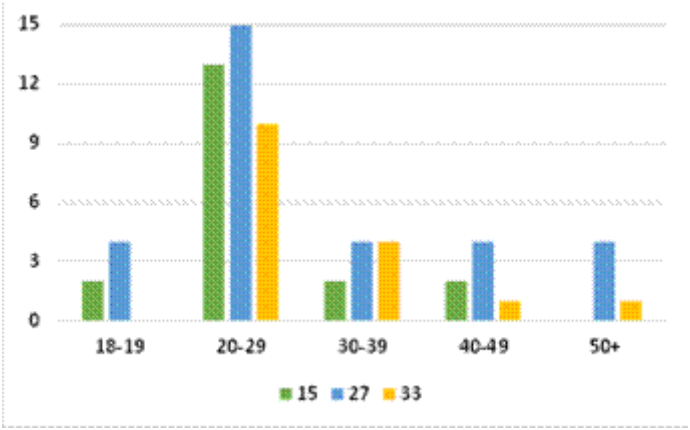

FIGURA 8
Bebida preferida según grupos etarios.

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, 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 (15), 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 (16).

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 (25). 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.

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% (18,26,27). Cabe resaltar que dicho valor con cuerda con el reportado por Delgado et al. (2014) con un valor de 5.35 % (28).

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 (18).

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 (14,16). 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 (29,30).

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% (31). 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 presenció 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 (32).

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%) (33,34). 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% (15). Ellos aseguran que un escaso contenido de grasa reduce los principales procesos de alteración y mejoran la conservación del producto. 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) (22,35,36).

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 azucares reductores provenientes de los carbohidratos y los compuestos aminados procedentes de los aminoácidos o proteínas presentes en la harina de Pajuro. Asimismo Salvador 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 (37).

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) (38,39).

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 (40,41), por ello, el Pajuro sería una alternativa de consumo e incorporación dentro de la dieta del poblador peruano (18) y así poder generar productos transformados como harinas precocida, 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 (16,38,42).

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 (43,44), 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

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 de los 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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar- ENDES. Estado de la Niñez Indígena en el Perú. [Online]; 2009 [cited 2021 Junio 12. Available from: https://www.unicef.org/peru/spanish/ ENI_2010.pdf.

2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Mapa del hambre 2015 de la FAO. [Online]; 2015 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.fao.org/hunger/es/.

3. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO. Nutrición. Requisitos Nutricionales. Grasas dietéticas. [Online]; 2000 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.fao.org/nutrition/requisitos- nutricionales/dietary-fats/es/.

4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. Nutrición. Requisitos Nutricionales. Proteínas. [Online]; 2000 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.fao.org/nutrition/requisitos- nutricionales/proteins/es/.

5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO. Nutrición. Requisitos Nutricionales. Carbohidratos. [Online]; 2000 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.fao.org/nutrition/requisitos- nutricionales/carbohydrates/es/.

6. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. Nutrición. Requisitos Nutricionales. Minerales. [Online]; 2000 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.fao.org/nutrition /requisitos- nutricionales/minerals/es/.

7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO. Nutrición. Requisitos Nutricionales. Vitaminas. [Online]; 2000 [cited 2021 junio 12. Available from: http://www.fao.org/nutrition /requisitos- nutricionales/vitamins/es/.

8. Barreda M. El Chachafruto, basul o sachaporoto pasado, presente y futuro en Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira. Universidad Nacional de Colombia.1. 1992:15-25.

9. Acero L. Guía para el cultivo y aprovechamiento del "Chachafruto o Balu". Revista Convenio Andrés Bello 1. 1996; p. 1-3.

10. Universidad EIA. Catálogo de flora del Valle de Aburrá. [Online]. 2014 [cited 2021 Junio 12. Available from: http:// catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/ familias/55/especies/220.**11.**Barreda M. El Chachafruto, Erythrina edulis. Universidad Nacional de Colombia 1. 1990:1-7.

12. Palella Stracuzzi S, Martins Pestana F. Metodología de la investigación cuantitativa Caracas, Venezuela: FEDUPEL, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador; 2010.

13. Cubero J, Moreno M. Leguminosas de granos. Madrid, España.: Ediciones Mundi- prensa; 1983.

14. López V. Composición química de los alimentos. México: Red Tercer Milenio.1era edición; 2012.

15. Martínez J, Astiasarán I. Alimentos Composición y Propiedades España: Mc GRAW- HILL INTERAMERICANA. 1ra ed; 2002.

16. Anselmi M. Procesamiento de una mezcla de Cañihua (Chenopodium pallidacaulle Aellen) y habas (Vicia faba L.). Lima; 1999.

17. Candiotti M. Estudio técnico para la elaboración de harinas precocida a partir de los frijoles Caraota y Castilla. Lima; 1977.

18. Moyano L. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de habas en la elaboración de galletas dulces y evaluación durante su almacenamiento. Lima, Perú; 2002.

19. Julián-Loaeza A. Propiedades físicas y químicas de tres variedades del fruto de Annona diversifolia. México; 2009.

20. A.O.A.C International. Official methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, MD, USA; 2010.

21. VELP SCIENTIFICA. Operating Manual FIWE Raw Fiber Extractors. Versión 1.0, 2013:1-20.

22. Marx I. Obtención de galletas fortificadas con salvado de quinua, kañiwa y kiwicha. Lima, Perú; 2009.

23. United States Agency for International Development- Usaid. Normas y Estándares de Catación para la región de Centroamérica. [Online]; 2005 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadg946. pdf.

24. Institute of Food Technologists -IFT. Sensory Evaluation. [Online]; 2014 [cited 2021 Junio 12. Available from: http://www.ift.org/knowledge- center/read-ift-publications/journal-of-food- science/authors-corner/supplementary- instructions-for-specific-topics/sensory- evaluation.aspx.

25. Meneses V. Sustitución de harina de trigo por harina de frijol ñuña en la elaboración de galletas dulces utilizando los métodos de horneado convencional y microondas. Lima, Perú; 1991.

26. Ortega C. Elaboración de barras nutritivas a partir de cereales andino. Lima, Perú; 2005.

27. Norma Técnica Peruana 205.038:1975. Harinas, Determinación de cenizas. 2016.

28. Delgado N, Albarracín W. Microstructure and functional properties of chachafruto (Erythrina edulis) and quinoa (chenopodiumquinoa w) flours: potentialmeatextenders. Tecnología de alimentos Colombia. 2. 2014:30-45.

29. Verástegui J. Caracterización de cinco variedades de Arvejas (Pisum sativum), obtención de harina y sus posibles usos en la industria alimentaria. Lima, Perú: 1982.

30. Cocchella V. Antinutrientes de Leguminosas de Mayor Consumos en el País. Lima Perú; 1987.

31. Pérez G, Martínez C, Díaz E. Evaluation of theproteinquality of Erythrina edulis (balú). ArchLatinoamNutr 1979; 29(2):193-207.

32. Salvador D. Química de los Alimentos. México: Cuarta edición. Pearson Educación; 2006.

33. Anticona A. Comparación físico-química y reológica de harinas: trigo (Triticum aestivum), centeno (Secale cereale) y triticale (x Triticosecale) en elaboración de pan. Lima; 2017.

34. Anaya R. 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. Lima, Perú; 2007.

35. Agapito T. Tabla de Composición Químico de los Alimentos. Lima; 1990.

36. Bejarano E, Bravo M. Tabla composición de alimentos industrializados contenido 100g alimentos. Lima, Perú; 1993.

37. Fennema T. Introducción a la química de alimentos. New York; 1999.

38. Collazos C. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud. Lima, Perú; 1996.

39. FAO. Review of Food Comsumption Surverys

40. Department of Health & Human Services. Office of Dietary Supplements. National Institutes of Health-NIH. [Online]. Available from: https:// www2.uned.es/pea-nutricion-y-dieteticaI/guia/ guia_nutricion/ compo_minerales.htm.

41. Department of Health & Human Services. Office of Dietary Supplements. National Institutes of Health –NIH. [Online]; 2018 [cited 2021 Junio 12. Available from: https://www2. uned.es/pea-nutricion-y-dietetica I/guia/ guia_ nutricion/compo_minerales.htm.

42. Martín G. Tabla de composición de alimentos. España; 2013.

43. Acero L, Barreda N. Chachafruto cultivo y aprovechamiento. Colombia: Santa Fe de Bogotá; 1996.

44. Díaz, A. Tabla de la Unión Europea de contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios; 2017.