

Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) con harina y pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana) para la elaboración de pan enriquecido

Partial substitution of wheat flour (*Triticum aestivum* L.) with flour and pasta pajuro (*Erythrina edulis* Triana) for enriched bread making

¹Wagner Zavaleta V.^a; Carlos E. Millones Ch.^b; Elena V. Torres M.^c & Ernestina R. Vásquez C.^d

RESUMEN

El propósito de la presente investigación como aporte a la nutrición y alimentación de la sociedad amazense fue la caracterización fisicoquímica y organoléptica en la elaboración de pan enriquecido por la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana); para lo cual se recolectaron frutos de pajuro en madurez fisiológica y con 24% de proteínas, que fue la materia prima para la elaboración de pan enriquecido con harina, pasta de pajuro; en la obtención de harina de pajuro las semillas fueron sumergidas en ácido cítrico al 0,1% para evitar el pardeamiento enzimático y luego se cortaron a un espesor de 3 mm para ser secados en una estufa de aire forzado a una temperatura promedio de 50°C, para después ser molidas en un molino de discos; para la obtención de la pasta de pajuro se sometieron a cocción las semillas, que posteriormente fueron molidas en una máquina manual; una vez preparada la harina y pasta de pajuro se evaluaron diferentes proporciones de sustitución (10%, 15%, 20% y 25%) de harina de trigo por harina, pasta de pajuro; para la evaluación de los parámetros de peso y volumen del pan enriquecido obtenido se empleó un experimento factorial 2A x 4B bajo un DCA; y para la evaluación sensorial un DBCA con 12 panelistas para evaluar los atributos de color, aroma, sabor y textura. Los resultados mostraron que el peso y volumen del pan enriquecido con harina, pasta de pajuro obtenido fueron similares en los tratamientos evaluados; al compararlos con el testigo (100% harina de trigo) los tratamientos T₁ (10% de harina de pajuro) y T₅ (10% de pasta de pajuro) presentaron volúmenes similares al testigo (232 y 228 cm³, respectivamente); asimismo los tratamientos T₁ y T₅ presentaron las mejores preferencias en cuanto a color, aroma, sabor y textura, obteniéndose las mayores calificaciones. La caracterización fisicoquímica en el T₁ fue 11,96% de proteínas, 10% de grasa, 2,72 % de cenizas y 60,77% de carbohidratos; en el T₅ fue de 10,65% de proteínas, 9,6% de grasa, 2,58% de ceniza y 58,78% de carbohidratos; lo cual demostró la posibilidad tecnológica de diversificar el uso de semillas de pajuro en forma de harina y pasta para la industria de la panificación.

Palabras claves: Sustitución parcial; *Erythrina edulis*; Pan enriquecido.

ABSTRACT

The purpose of this research as a contribution to nutrition and feeding of the society was the physicochemical and organoleptic in the preparation of bread enriched by the partial replacement of wheat (*Triticum aestivum* L.) flour, paste pajuro (*Erythrina edulis* Triana), for which fruits were collected at physiological maturity pajuro and 24% protein, which was the raw material for the production of flour and pasta pajuro in obtaining flour pajuro seeds were immersed in citric acid 0,1% to prevent enzymatic browning and then cut to a thickness of 3 mm to be dried in a forced air oven at a temperature of 50 ° C, then crushed in a disk mill, in the obtaining paste pajuro underwent baking the seeds, which were subsequently ground in a manual machine, once prepared flour and paste different percentages were evaluated pajuro replacement (10%, 15%, 20% and 25%) wheat flour, pasta pajuro; to evaluate the parameters of weight and volume of the enriched bread was used obtained a factorial experiment 2A x 4B under a DCA and a sensory evaluation for DBCA 12 panelists to

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

^aIng. Agro industrial, ^b Biólogo, ^c Ing. de Industrias Alimentarias, ^d Microbiólogo

evaluate attributes of color, aroma, flavor and texture. The results showed that the weight and volume of enriched bread flour, pasta pajuro obtained were similar in the treatments, when compared with the control (100% wheat flour) of T₁ (10% flour pajuro) and T₅ (10% paste pajuro) had volumes similar to control (232 and 228 cm³, respectively), including the T₁ and T₅ had the best preferences for color, aroma, flavor and texture, obtaining the highest grades. Physicochemical at T₁ was 11,96% protein, 10% fat, 2,72% ash and 60,77% carbohydrates, in the T₅ was 10,65% protein, 9,6% fat, ash 2,58% and 58,78% carbohydrates, which demonstrated the technological possibilities to diversify the use of seed pajuro in the form of flour and dough for the baking industry.

Keywords: Partial replacement; *Erythrina edulis*; Enriched bread.

INTRODUCCIÓN

El pajuro (*Erythrina edulis* Triana) es un árbol de tamaño mediano, excepcionalmente hasta los 10 m de alto, tallo principal y secundario con aguijones cortos y de base ancha. Este árbol florece en racimos de color rojo oscuro y rojo anaranjado; que, posteriormente generan como frutos, vainas o legumbres lampiñas nudosas más o menos cilíndricas de 20 cm a 25 cm de largo. Estas vainas son de forma ovoide que está recubierto por una cáscara gruesa brillante y lustrosa de color marrón, poseen de 2 a 6 semillas arriñonadas de color café, cuyas dimensiones son de 2 cm a 3,5 cm de largo y 2 cm de ancho (Roa, 2002:249). Es una planta bastante apropiada para la recuperación de áreas agrícolas empobrecidas y degradadas; pues tiene la peculiaridad de nitrificar el suelo. Otras utilidades de este árbol la encontramos en la ventaja de fácil implementación en sistemas agroforestales, como sombra de cafetales y cercas vivas lo cual resulta igualmente en un efectivo método de protección de cuencas hidrográficas (Escamillo, 1994: 12).

Investigaciones realizadas en pajuro (*Erythrina edulis* Triana) manifiesta que es apto para el manejo industrial en la producción de harinas para la panificación, fritos, encurtidos, potajes y concentrados. Además es usado en la medicina tradicional como regulador de la función [renal](#), [hipotónico](#) y contra la [osteoporosis](#) (BIOCOMERCIO SOSTENIBLE, 2003:11). Por las bondades nutritivas que posee el pajuro se realizó la presente investigación con la finalidad de utilizar la pasta o harina de pajuro como sustituto en la elaboración de pan enriquecido y de esta manera darle aprovechamiento y un mayor valor agregado a los frutos de pajuro y así generar nuevas alternativas para la elaboración de pan en las panificadoras artesanales e industriales de Amazonas, con la finalidad de elevar los ingresos económicos de los pobladores; razón por la cual se plantearon los siguientes objetivos: Determinar la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por la harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana)

para la elaboración de pan enriquecido; realizar la evaluación sensorial para determinar el grado de aceptación del pan enriquecido obtenido; realizar la caracterización fisicoquímica de los mejores productos evaluados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó como materia prima semillas rosadas de pajuro (*Erythrina edulis* Triana), proveniente de plantas de cercos de huertas del distrito de Chachapoyas, ubicado a una altura de 2344 m.s.n.m, latitud sur de S06°13'37,2" y latitud oeste de W077°51'38,5", en su madurez fisiológica (vainas de color amarillento) y 24% de proteínas. El análisis fisicoquímico de la harina y pasta de pajuro fueron realizados en el Laboratorio de Tecnología Agroindustrial y Laboratorio de Biología de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. La elaboración del pan se realizó en la panificadora "Santo Domingo", distrito de Chachapoyas.

Para la obtención de la harina de pajuro se siguió la secuencia mostrada en la Figura 1, cuyas etapas del proceso consistieron en el pesado de frutos de pajuro en una balanza mecánica de platillos KAVORY de 15 kg aprox. ± 1 g, para determinar el rendimiento; seleccionando vainas de pajuro sanas y de buena apariencia, separando manualmente las semillas, a las cuales se les retiró el epispermo (cáscara) del endospermo. Una vez obtenida la materia prima (endospermo de pajuro) se realizó el análisis de humedad. (método de secado automatizado) en una balanza de humedad AMB MOISTURE BALANCE, rango 50 g aprox. ± 0,01% y el análisis de proteínas (Método kjeldahl) en un destilador semiautomático para determinación de nitrógeno y proteína Marca RAYPA; las semillas peladas se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 0,1% por 10 minutos para evitar el pardeamiento enzimático; luego se tajaron en una procesadora de vegetales marca INKA, utilizando un disco de 3 mm de espesor;

posteriormente, se sometieron a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a una temperatura de 52 °C en un tiempo de 8 a 10 horas hasta una humedad de 10%; una vez seco el material, se molió en un molino de discos, con el propósito de obtener una harina fina ideal para panificación. A la harina obtenida se realizó el análisis de humedad. (Método de secado automatizado) en una balanza de humedad AMB MOISTURE BALANCE y el análisis de proteínas (Método kjeldahl) en un destilador semiautomático para determinación de nitrógeno y proteína.

Para la obtención de la pasta de pajuro se siguió la secuencia mostrada en la Figura 2, cuyas etapas de pesado, selección, separación de semillas fueron similares para la obtención de la harina, diferenciándose que para la obtención de pasta de pajuro se realizó la cocción de la semilla a ebullición por un periodo de 20 minutos, empleando una cocina semiindustrial marca SURGE, posteriormente se llevó a cabo el pelado manual, con la finalidad de separar el epispermo (cascarilla) del endospermo y mejorar el color de la pasta de pajuro, luego se procedió a moler en una máquina de moler marca CORONA con la finalidad de homogenizar la textura de la pasta; a la pasta obtenida se realizó el análisis de humedad. (Método de secado automatizado) en una balanza de humedad AMB MOISTURE BALANCE y el análisis de proteínas (Método Kjeldahl) en un destilador semiautomático para determinación de nitrógeno y proteína.

Una vez obtenida la harina y pasta de pajuro se procedió a realizar las formulaciones para la elaboración de pan enriquecido en base a 500g de harina compuesta (que representa el 100%), cuatro con harina de trigo más harina de pajuro y cuatro con harina de trigo más pasta de pajuro (Tabla 1). Los ingredientes complementarios para la elaboración de pan se mantuvieron constantes en peso para las ocho formulaciones como: manteca 75 g; levadura 10 g; azúcar 106 g; sal 10 g; mejorador PROPAN 4 x 4 04 g; agua 180 mL – 200 mL. Acondicionada la materia prima, insumos y los ingredientes disponibles se procedió a elaborar el pan enriquecido (para las ocho formulaciones): siguiendo cada una de las etapas mostrada en la Figura 3. Se recepcionó la materia prima la cual se pesó junto con los demás ingredientes (harina y pasta de pajuro, harina de trigo, manteca, sal, azúcar, levadura, mejorador, etc.); empleando una balanza de precisión de 210g. Div: 0,01 g, Modelo ES – 200A, y de acuerdo a las formulaciones establecidas

en la Tabla 1. Se mezcló la harina de trigo con cada una de las presentaciones del pajuro agregando el mejorador y la levadura en la mezcla, posteriormente se añadió sal y azúcar, adicionando agua para disolver los ingredientes y los componentes del pan, amasando mediante un movimiento rotacional, hasta obtener una masa elástica y lisa. La masa completa se dejó en reposo en un bol tapado con un lienzo (de 3 a 5 minutos), luego se realizó el boleado para la obtención de piezas esféricas que se colocaron en latas de acero inoxidable, dejando en reposo en la sala de panificación a una temperatura de 24 a 26°C; posteriormente las piezas se colocaron en la cámara de fermentación a una temperatura de 37 °C por un tiempo variable, hasta alcanzar el volumen considerado como óptimo para el panadero. Concluida la fermentación se colocaron las latas con las piezas de pan en un horno artesanal calentado con leña y soplete a una temperatura de 210 a 260 °C por un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente, hasta que la pieza de pan presentó una apariencia porosa (ligera) y agradable. El pan horneado se recepcionó en canastas de carrizo para su enfriamiento, las cuales se codificaron de acuerdo a cada tratamiento para su posterior evaluación.

Para evaluar el volumen y peso del pan enriquecido elaborado, se empleó un experimento factorial del tipo 2A x 4B bajo un arreglo en Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones, donde el factor A: presentación del pajuro en dos niveles, A₁: pasta, A₂: harina y el factor B: formulaciones en cuatro niveles para A₁ y A₂, con un nivel de significación del 0,05. La comparación de medias se empleó la prueba Tukey; con un nivel de significancia del 0,05. Asimismo, para determinar diferencia de los tratamientos evaluados con el testigo (pan elaborado con harina de trigo) se empleó las diferencias de medias bajo una distribución t de student a 0,05 de significancia. Para determinar el grado de aceptación de los panes se realizó la evaluación sensorial, empleando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 12 panelistas semientrenados para evaluar el color, aroma, sabor y textura del pan enriquecido. La comparación de medias se realizó mediante la prueba Tukey; con un nivel de significancia del 0,05.

Los panes enriquecidos obtenidos en los mejores tratamientos se sometieron a los análisis físico – químicos: porcentaje de proteínas: método kjeldahl (A.O.A.C., 1990); porcentaje de humedad: método

de secado automatizado en una balanza de humedad (Adam Equipment, 2004); porcentaje de grasa: método de soxhlet (A.O.A.C., 1990); porcentaje de ceniza: método de calcinación (A.O.A.C., 1990); porcentaje de carbohidratos: por el método de diferencia (A.O.A.C., 1990).

RESULTADOS

En la Tabla 2, se muestra la evaluación fisicoquímica realizada en la semilla de pajuro en estado fresco (sin epispermo), registrando un 29,53% de proteína, valor que fue disminuyendo cuando se obtuvo la harina de pajuro (20,02%) y pasta de pajuro (12,9%).

En la Tabla 3, se muestran los valores promedios de peso y volumen de los panes elaborados con harina de pajuro más harina de trigo, en el T₁ se obtuvo el peso más bajo (33,97 g), dicho peso fue aumentando gradualmente conforme se aumentó el porcentaje de harina de pajuro; con respecto al volumen en el T₁ se registró el mayor volumen (173,22 cm³), valor que fue disminuyendo conforme aumentaba los porcentajes de sustitución de harina. Asimismo, se obtuvo un menor peso en el T₅ (35,57 g), valor que fue aumentando gradualmente conforme aumentó el porcentaje de pasta de pajuro. En cuanto al volumen, en el T₅ se obtuvo el mayor volumen (187,56 cm³), valor que fue disminuyendo conforme se aumentó el porcentaje de pasta de pajuro. Al realizar la comparación de medias entre el testigo (100% harina de trigo) y cada uno de los tratamientos evaluados se encontró que en todos los tratamientos evaluados, los panes fueron superiores al testigo, siendo significativa la prueba; con respecto al volumen no se encontró diferencias significativas entre el testigo con los T₁ y T₅; pero si se hallaron diferencias significativas entre el testigo con los tratamientos donde se empleó más del 10% de harina, pasta de pajuro (Tabla 3).

En la Tabla 4, se muestra la evaluación sensorial de los panes elaborados para medir el grado de aceptación en cuanto al color, aroma, sabor y textura. En cuanto al color, los panes elaborados con harina de pajuro, en el T₁ se obtuvo una mayor aceptación, siendo la calificación igual al testigo, mientras que en el T₄ se obtuvo una menor aceptación, siendo la calificación poco peor que el testigo. Los panes elaborados con pasta de pajuro, se obtuvo una mayor aceptación en el T₅, siendo la calificación un poco mejor que el testigo; asimismo, la menor aceptación se encontró en el T₈ siendo la calificación igual al testigo. En cuanto al aroma de los panes elaborados por sustitución de harina de pajuro, el T₁ se obtuvo la mayor aceptación con una

calificación no me gusta ni me disgusta, mientras que en el T₄ se obtuvo una menor aceptación siendo la calificación me disgusta ligeramente; los panes elaborados por sustitución de pasta de pajuro, se obtuvo que en el T₆ se obtuvo una mayor aceptación con una calificación me gusta ligeramente, la menor aceptación se halló en el T₇ con una calificación me gusta ligeramente mientras. En cuanto al sabor de los panes elaborados con harina de pajuro, en el T₂, se obtuvo una mayor aceptación, con una calificación me gusta ligeramente, mientras que en los T₃ y T₄ se obtuvo una menor aceptación con una calificación no me gusta ni me disgusta; los panes elaborados con pasta de pajuro, en el T₇ se obtuvo una mayor aceptación, con una calificación me gusta moderadamente; mientras que la menor aceptación se obtuvo en el T₆ con una calificación me gusta ligeramente. En cuanto a la textura, los resultados obtenidos de los panes elaborados por sustitución de harina de pajuro, en el T₁ se obtuvo la mayor aceptación, con una calificación poco granuloso; mientras que en el T₄ se obtuvo una menor aceptación, con una calificación moderadamente granuloso; los panes elaborados por sustitución de pasta de pajuro, en el T₅ se obtuvo una mayor aceptación, con una calificación moderadamente suave; la menor aceptación se obtuvo en el T₈ con una calificación no hay diferencia respecto al testigo.

En la Figura 4, se observa que los panes elaborados con harina de trigo más harina de pajuro (T₁, T₂, T₃ y T₄) el grado de aceptación disminuye conforme aumenta el nivel de sustitución tanto en color, aroma, sabor y textura, destacando el T₁ como el mejor producto. Asimismo, en los panes elaborados con harina de trigo más pasta de pajuro (T₅, T₆, T₇ y T₈), se observa que la calificación de los atributos de color, aroma y textura disminuyen conforme aumentan los niveles de sustitución, destacando el T₅.

En la Tabla 5, se muestra la composición fisicoquímica: proteína, ceniza, grasa, humedad y carbohidratos del pan testigo y del mejor producto de la combinación de harina de pajuro más harina de trigo (T₁), así como también del mejor producto de la combinación de pasta de pajuro más harina de trigo (T₅). Siendo para el pan testigo: 10,49% de proteína, 2,51% de ceniza; 11,10% de grasa; 19,79% de humedad y 56,11% de carbohidratos, valores que se incrementaron en el T₅ y T₁: proteínas (10,65% y 11,96%); cenizas (2,58% y 2,72%) y carbohidratos (58,78% y 60,77%); sin embargo disminuyeron en grasa (9,6% y 10%) y humedad (16,54% y 16,40%).

DISCUSIÓN

Los niveles de proteína y humedad de las semillas de pajuro y de trigo fueron diferentes, en el caso de las semillas de pajuro se obtuvo un 29,53% de proteínas y un porcentaje de humedad de 78,53% (Tabla 2), en comparación con el trigo que posee 13% de proteínas y un contenido de humedad del 10 – 14%; según (Norman 1999:584) este porcentaje de proteína es característico de los granos bien secos y maduros.

Primo (1998:85-86), manifiesta que en la harina de trigo las proteínas constituyen el 10% del peso seco, en la presente investigación se encontró que la harina de pajuro posee un 20,02% de proteína (Tabla 2); resultado que concuerda con lo reportado por (Acevedo 1989:620), al trabajar con otra leguminosa como el fréjol (*Phaseolus vulgaris*), donde el nivel de proteína en esta leguminosa posee casi el doble en comparación con la del trigo.

En la Tabla 3, se muestran las medidas de peso expresado en gramos, observándose un incremento de peso en relación al incremento del porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina, pasta de pajuro; es así que conforme aumenta el nivel de sustitución de harina y/o pasta de pajuro aumenta el peso tal como se observó en el T₃, donde se obtuvo un mayor peso (36,67 g), así como en el T₆ (37,80 g). Esto es debido a que las masas elaboradas con harinas compuestas reducen la cohesividad y la propiedad de retener el CO₂ producido en la masa, dando como resultado panes muy densos y pesados (Specher, 2005:10).

Concerniente al volumen del pan enriquecido, estadísticamente no se encontró diferencias significativas en los T₁ (173,2 cm³) y T₅ (187,6 cm³) con respecto al testigo que tuvo como volumen 238 cm³; esto fue debido a que la inclusión del 10% de harina y/o pasta de pajuro no afecta significativamente el aumento del volumen del pan, en cambio existen diferencias significativas entre el testigo y el resto de los tratamientos, los cuales presentaron un menor volumen, debido principalmente a la falta de gluten; esto concuerda con González *et al.* (2003:8), quien manifiesta que la presencia de gluten en la masa da un mayor volumen al pan, al mejorar la retención de gas durante la fermentación; el pajuro carece de gluten, siendo el trigo y en menor medida el centeno los únicos en poseer dicho complejo proteínico (Hawthorn, 1983); posiblemente esto influyó en las diferencias de volumen de los panes. González *et al.* (2003:8), manifiestan que el pan obtenido con

harinas con demasiada fuerza tiene menor volumen, probablemente esta sea una de las razones por las cuales el volumen de los panes con sustituciones del 20% de pasta de pajuro y 25% de harina de pajuro sean relativamente menores comparados con el pan testigo.

Empleando 10% de sustitución de harina, pasta de pajuro se obtuvieron mayores volúmenes de pan con 173,2 cm³ y 187,6 cm³ respectivamente; resultados que concuerdan con los obtenidos por Dendy (2004:397), al trabajar con harina de maíz mediante el cual explica que con harinas extremadamente fuertes; por ejemplo con 16% de proteínas se ha encontrado que realmente mejoró el volumen de la masa del pan al añadir un 10% de harina de mandioca o almidón de maíz.

En el aroma se presentaron diferencias significativas en los tratamientos evaluados (Tabla 4); sin embargo, se pudo observar que los T₂ y T₆ fueron mejor calificados en comparación con los T₄ y T₇. El aroma del pan se ve influenciado por múltiples factores; y tal como mencionan González *et al.* (2003:7) que la materia prima, el método de elaboración o los aditivos utilizados son solamente algunos de los factores que participan en la formación del aroma; a esta dificultad hay que añadir que algunos funcionan conjuntamente con otros, según fenómenos de sinéresis; además surgen fermentaciones secundarias y reacciones que contribuyen a la formación del aroma de la corteza. Por esta razón, es difícil determinar la influencia directa de la presencia de harina de pajuro en el aroma del pan ya que se unen diversos factores para conformar este atributo sensorial.

En cuanto al sabor, conforme se eleva el nivel de sustitución de harina, pasta de pajuro, se observa que los T₇ y T₂ obtuvieron las mejores calificaciones. Por su parte los tratamientos 1, 3 y 4, tuvieron calificaciones menores destacándose el tratamiento 3 y 4 con igual y menor calificación, debido a que su nivel de sustitución de 20% y 25% afectó este atributo dándole un sabor residual no característico. Con una sustitución del 20% por pasta de pajuro y 15% por harina de pajuro no se afectó el sabor y se obtiene un pan con buenas características sensoriales.

En cuanto a la textura se pudo observar que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, es así, que en el T₄, se obtuvo una baja calificación, obteniendo una masa suelta con agrietamientos debido a que la granulometría de la harina de pajuro es mayor a la de harina de trigo, seguido del T₈ por presentar una masa compacta de

difícil corte, todo esto es posiblemente ocasionado por el elevado nivel de sustitución con la harina, pasta de pajuro que afectó la capacidad de retención del agua, obteniéndose una masa seca. El T₅ tuvo una calificación con mayor grado de aceptación por parte de los panelistas seguido del tratamiento 1 respecto a la sustitución por pasta y harina de pajuro respectivamente, lo que indica que la incorporación de pasta y harina de pajuro en niveles del 10% no afecta significativamente la textura del pan. (González *et al.*, 2003:5) coinciden en afirmar que cuando se presentan deficiencias en los contenidos del complejo de proteínas gliadinas-gluteninas en la harina, componentes del gluten, se desmejoran los atributos de textura del pan, por lo tanto, al sustituir con porcentajes elevados de harina y pasta de pajuro (20 y 25%), la textura del pan se ve afectada ya que esta harina no posee dicho complejo.

En la presente investigación al emplear 10% de pasta de pajuro se obtuvo un 10,65% de proteínas, y al emplear 10% de harina de pajuro se obtuvo un pan enriquecido con 11,96% de proteínas; éste valor es algo superior al hallado por González *et al.*, (2003:5), quienes obtuvieron 10,91% de proteínas empleando un 10% de sustitución de harina de pajuro; esta diferencia del porcentaje de proteínas puede deberse a que las semillas se recolectaron de plantas de diferentes localidades, y tal como afirma Sangronis *et al.* (2004:80-85), que el contenido de proteínas varía con la especie vegetal, variedad de semilla, índice de madurez y ubicación geográfica del cultivo. Asimismo, las **diferencias entre el testigo y con 10% de sustitución de harina, pasta de pajuro posiblemente se debe a que** las proteínas están en presencia de otros constituyentes como carbohidratos, fibra, fitatos o grasa; así como, la solubilidad y otras propiedades funcionales cambian. Otros factores como el tratamiento térmico y el tamaño de la partícula de las harinas también afectan dichas propiedades (Sangronis *et al.*, 2004:80-85).

CONCLUSIONES

1. El contenido de proteínas de la harina (20,02%) y pasta (12,90%) de pajuro fueron superiores en comparación a la proteína de la harina de trigo (10,69%).
2. Los análisis de peso y volumen del pan enriquecido mostraron que el porcentaje de sustitución por harina y pasta de pajuro, estos parámetros son similares en todos los tratamientos evaluados.
3. En la evaluación sensorial se pudo determinar que el pan de mejor aceptación con respecto a las

combinaciones evaluadas fue el T₅ y T₁, obteniendo las mayores calificaciones en cuanto a los atributos color, aroma, sabor y textura.

4. El pan elaborado con 100% de harina de trigo se registró un 10,49% de proteína, aumentando a un 11,96% en el pan elaborado con 10% de sustitución por harina de pajuro y a 10,65% en el pan elaborado con 10% de sustitución por pasta de pajuro.
5. Para la elaboración de pan enriquecido con harina, pasta de pajuro la sustitución de un 10% de harina y/o 10% de pasta de pajuro se obtiene panes con mejor volumen, mayor cantidad de proteína y una calidad organoléptica aceptada por el consumidor.
6. Los resultados de la presente investigación demuestran que es posible tecnológicamente diversificar el uso del pajuro en forma de harina y pasta para la industria de la panificación, mejorando el valor nutricional de los mismos específicamente en cuanto al contenido de proteína, cenizas y carbohidratos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, Gloria Cafati, Claudio Reveco Viviana Wulf, Héctor Yáñez Enrique. 1989. Fortificación del pan con harina de fréjoles (*Phaseolus vulgaris* L.). II valor nutritivo del pan fortificado. Arch. Lat. Nutr.39(4).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Washington. USA.
- BIOCERCOMERCIO SOSTENIBLE. 2003. Estudio de mercado A nivel nacional de productos derivados del chachafruto (*Erythrina edulis*). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Dendy David. 2004. Cereales y productos derivados. Química y tecnología. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Escamilo, Simón. 1994. El "poroto" o pajuro andino y la alimentación campesina. Lima Perú. Majjosa.
- Gonzales, J., Mosquera, F., Vanegas, P., Barrera M. 2003. Influencia de las mezclas de harina de trigo (*Triticum vulgare*) y chachafruto (*Erythrina edulis* Triana), en la composición y las características organolépticas del pan. Tesis. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Hawthorn Jhon. 1983. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Zaragoza. España. Acribia S.A.
- Norman, Potter. 1999. Ciencia de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia S.A.
- Primo, Eduardo 1998. Química de los alimentos. Madrid España. Síntesis S.A.
- Roa, José Gregorio. 2002. Evaluación de impacto ambiental de un proyecto agroforestal. Caso:

- siembra de 150.000 árboles de *Erythrina edulis*. Andrés Bello, estado Mérida-Venezuela.
- Specher, María Andrea. 2005. Desarrollo de un producto de panificación apto para ser consumido por personas con esprue celiaco. Trabajo de graduación para optar el título de Magíster in Scientiis en Ciencia y Tecnología de alimentos. Guatemala. Universidad Del Valle De Guatemala.

- Sangronis, Elba Machado, Carlos & Cava, Rita., 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y Cajan) germinadas. Interciencia: 29(02).

Correspondencia:
Wagner Zavaleta V.
Barrio Higosurco s/n Chachapoyas
wazavi_18@hotmail.com

ANEXO

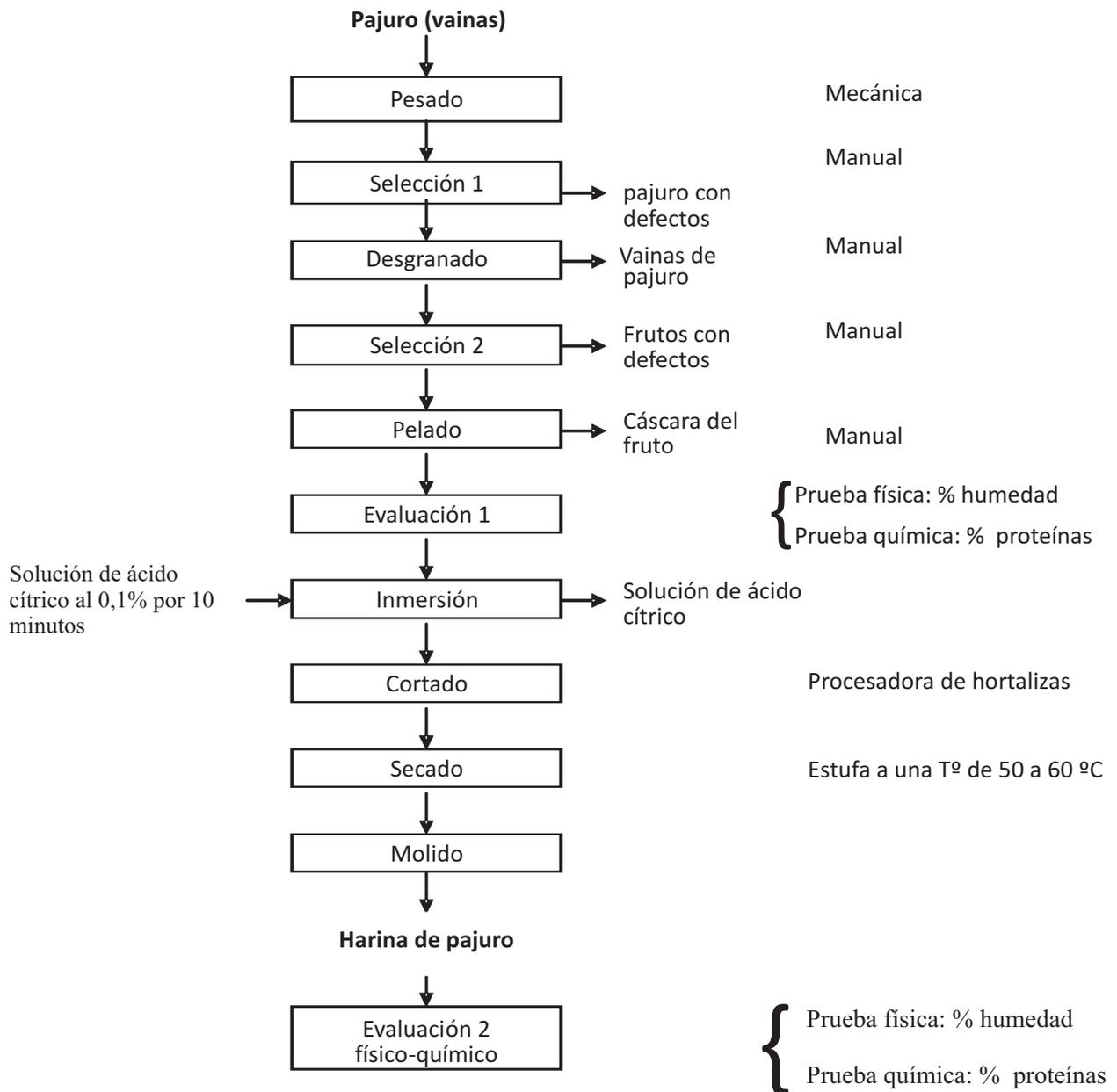


Figura 1. Flujograma para la elaboración de harina de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

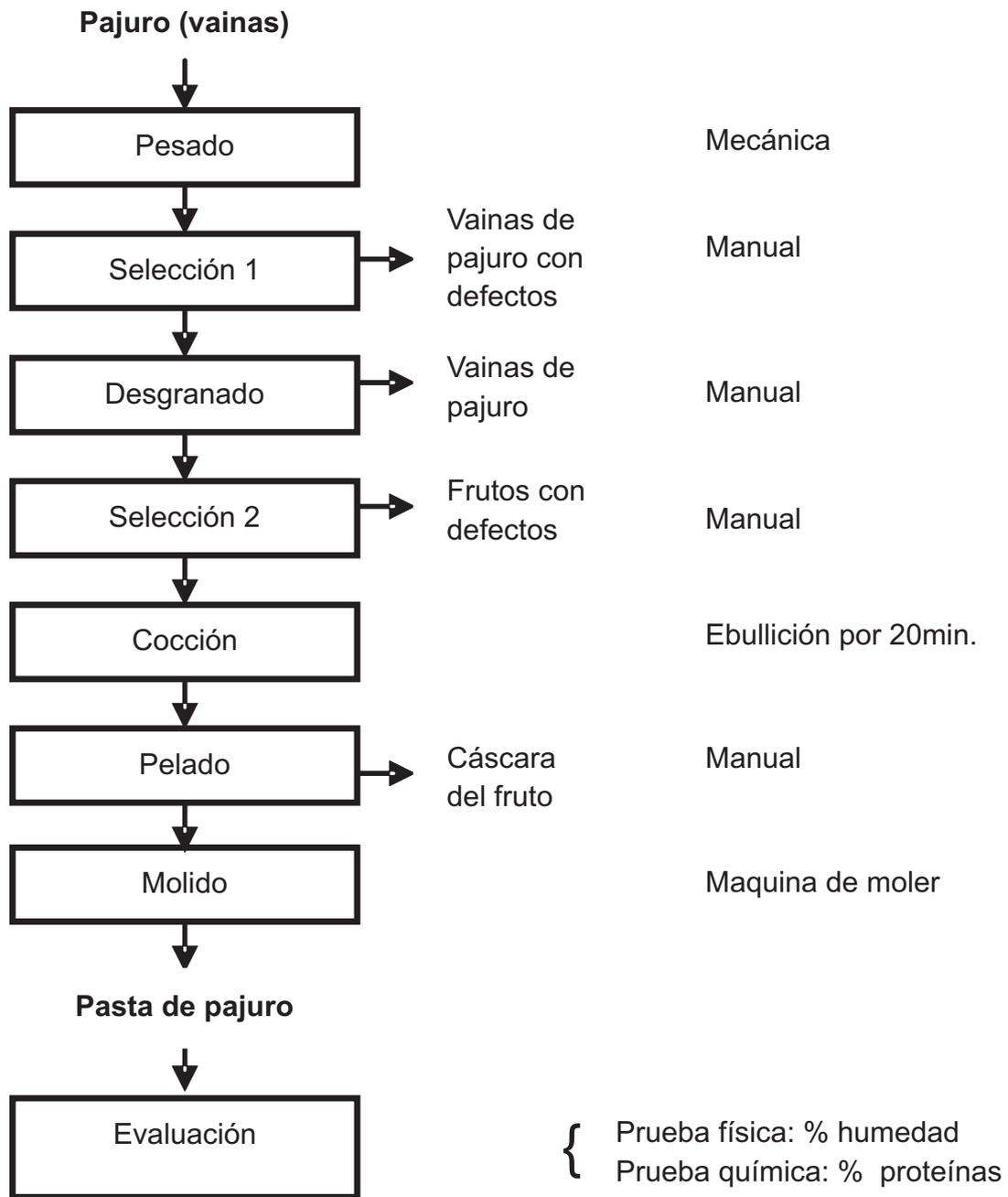


Figura 2. Flujograma para la elaboración de pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

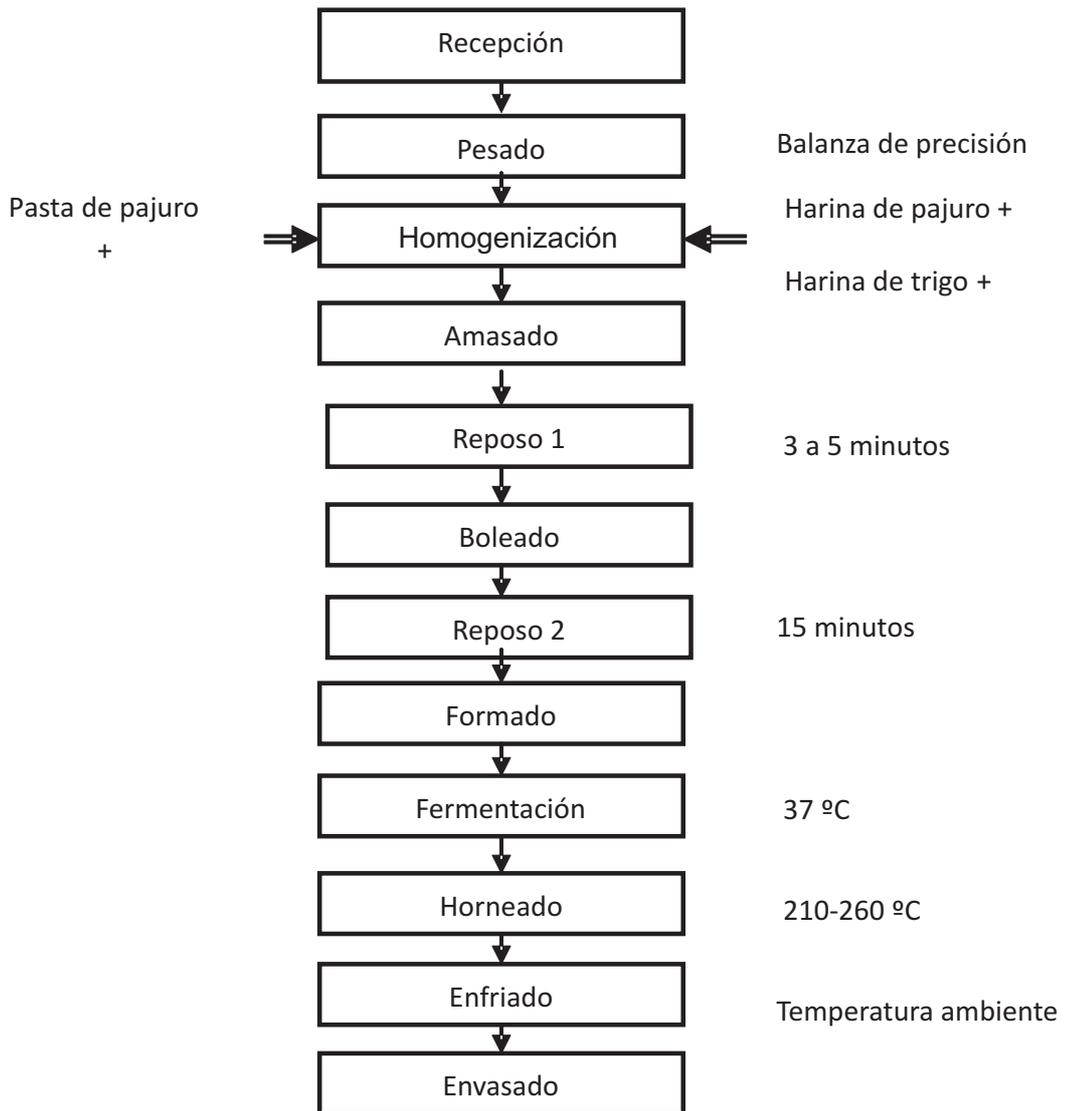


Figura 3. Flujograma para la elaboración de pan enriquecido con harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

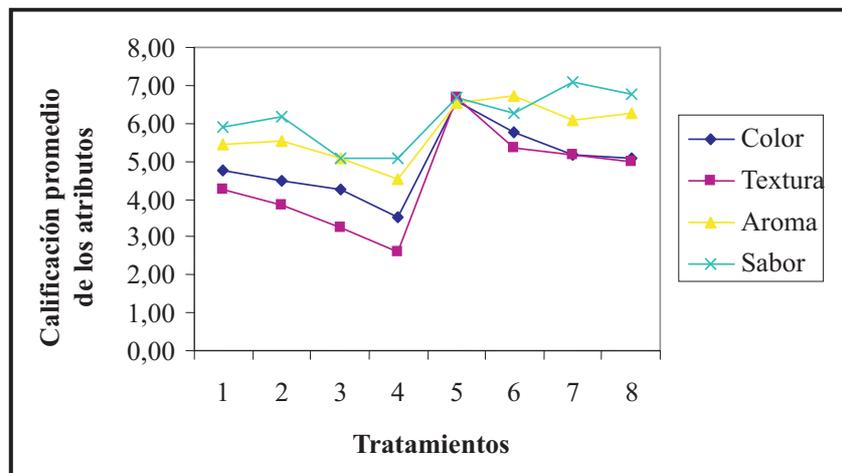


Figura 4. Valores promedio de la evaluación sensorial: color, aroma, sabor y textura de los panes enriquecidos con harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

Tabla 1. Formulaciones para la elaboración de pan enriquecido a partir de la sustitución parcial de harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

Ingredientes	Formulaciones							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Harina de trigo (g)	450	425	400	375	450	425	400	375
Harina de pajuro (g)	50	75	100	125	0	0	0	0
Pasta de pajuro (g)	0	0	0	0	50	75	100	125
Total (g)	500	500	500	500	500	500	500	500

Tabla 2. Análisis fisicoquímico de la semilla, harina y pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

Muestras	Componentes (%)		
	Humedad	Sólidos totales	proteínas
Pajuro fresco	78,53	21,47	29,53
Pasta de pajuro	68,35	31,65	12,90
Harina de Pajuro	11,73	88,27	20,02

Tabla 3. Análisis de peso y volumen de los panes enriquecidos con harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

Pan de:	Tratamientos (%)	Análisis físicos	
		Peso (g)	Volumen (cm ³)
Harina de Pajuro +	T ₁ : 10HP + 90HT	33,97 a	173,22 a
	T ₂ : 15HP + 85HT	36,49 a	159,33 a
	T ₃ : 20HP + 80HT	36,67 a	165,69 a
	T ₄ : 25HP + 75HT	35,50 a	157,56 a
Harina de Trigo +	T ₅ : 10PP + 90HT	35,57 a	187,56 a
	T ₆ : 15PP + 85HT	37,80 a	186,22 a
	T ₇ : 20PP + 80HT	37,08 a	160,67 a
	T ₈ : 25PP + 75HT	37,52 a	182,89 a

Tabla 4. Puntajes promedio de la prueba de aceptabilidad (escala del 1 al 9) de los atributos sensoriales del pan enriquecido con harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

Pan de:	Tratamientos (%)	Atributos			
		Color	Aroma	Sabor	Textura
Harina de Pajuro	T ₁ : 10HP + 90HT	4,75 b	5,00 a	5,92 ab	4,25 bc
	T ₂ : 15HP + 85HT	4,50 b	5,08 a	6,17 ab	3,83 c
	T ₃ : 20HP + 80HT	4,25 b	4,67 a	5,08 b	3,25 c
Harina de Trigo	T ₄ : 25 HP + 75HT	3,50 b	4,17 a	5,08 b	2,58 c
Pasta de Pajuro	T ₅ : 10PP + 90HT	6,58 a	6,00 a	6,67 ab	6,67 a
	T ₆ : 15PP + 85HT	5,75 ab	6,17 a	6,25 ab	5,33 bc
	T ₇ : 20PP + 80HT	5,17 ab	5,58 a	7,08 a	5,17 bc
Harina de Trigo	T ₈ : 25 PP + 75HT	5,08 ab	5,75 a	6,75 ab	5,00 bc

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica del testigo (100% harina de trigo) y de los mejores tratamientos de panes enriquecidos con harina, pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana).

Componentes (%)	Tratamientos		
	Testigo	10PP + 90HT	10HP + 90HT
Proteína	10,49	10,65	11,96
Ceniza	2,51	2,58	2,72
Grasa	11,10	9,60	10,00
Humedad	19,79	16,54	16,40
Carbohidratos	56,11	58,78	60,77