

Use of by-products from the oil extraction of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) and Chestnut (*Bertholletia excelsa*) in the formulation of an instant nutritional drink.

Gerald Chumpitaz, Ing^{1,2}, Winnie Garcia, Ing¹, Cynthia Masgo, Ing¹, Erick Alvarez-Yanamango, Ing^{1,2}, Ana Mercado Del pino, Ing¹, José Cáceres Paredes, PhD¹

¹Universidad Nacional del Callao, Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IEEA), Perú.

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú.
gerald.chumpitaz@pucp.edu.pe, wgarciamolero@gmail.com, erick.alvarez@pucp.pe, amercado1@unac.pe, jcaceres@unac.pe

Abstract– The present study aimed to use sacha inchi and chestnut cakes, obtained as a byproduct of oil extraction, in the formulation of a prototype instant nutritional drink. For this, both cakes were previously subjected to an extrusion process under controlled conditions, to improve the digestibility and solubility of the resulting flours. Subsequently, 04 formulations with different proportions of the extruded flours, cocoa powder and guar gum were developed, and subjected to physicochemical, nutritional and sensory tests to determine the formulation with a high protein value (> 47%), adequate solubility (ISA > 16%) and with good acceptability.

Keywords– Plukenetia volubilis L, Bertholletia excelsa, Nutritional drink, extruded flours.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.195>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Aprovechamiento de subproductos de la extracción de aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y Castaña (*Bertholletia excelsa*) en la formulación de una bebida nutricional instantánea.

Use of by-products from the oil extraction of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) and Chestnut (*Bertholletia excelsa*) in the formulation of an instant nutritional drink.

Gerald Chumpitaz, Ing^{1,2}, Winnie Garcia, Ing¹, Cynthia Masgo, Ing¹, Erick Alvarez-Yanamango, Ing^{1,2}, Ana Mercado Del pino, Ing¹, José Cáceres Paredes, PhD¹

¹Universidad Nacional del Callao, Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA), Perú.

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú.
gerald.chumpitaz@pucp.edu.pe, wgarciamolero@gmail.com, erick.alvarez@pucp.pe, amercado1@unac.pe, jcaceres@unac.pe

Resumen— Con el desarrollo de las industrias de productos derivados de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) y Castaña (*Bertholletia excelsa*) se ha incrementado también los residuos de estas, los cuales son conocidos como tortas. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue aprovechar dichas tortas mediante la obtención de harinas extruidas que se destinen a la formulación y elaboración de alimentos para consumo humano que contengan elevado valor nutricional, alta aceptabilidad y buena solubilidad. Para validar su uso, se propuso formular y desarrollar un prototipo de bebida nutricional con un alto contenido de proteína (>40%), adecuada solubilidad (ISA>16 %) y con buena aceptabilidad. Preliminarmente ambas tortas fueron sometidas a un proceso de extrusión a manera de obtener harinas extruidas. La caracterización química proximal se realizó mediante los métodos oficiales de la AOAC. Para formular el prototipo de bebida se desarrollaron 8 tratamientos con diferentes proporciones de harinas extruidas, Cacao en polvo y goma guar. Realizando la evaluación sensorial empleando la escala hedónica de 7 puntos, teniendo como variable de respuesta prioritaria la aceptabilidad general. Se seleccionó 4 tratamientos (A, B, C y D) para evaluar las variables de respuesta: Aceptabilidad general, solubilidad y contenido de proteína. El prototipo de bebida nutricional instantánea elegido fue el “tratamiento A” compuesto por 29.70 % de harina extruida de la torta de sachá inchi, 25.45 % de cacao en polvo, 43.33 % de harina extruida de la torta de castaña y 1.52% de goma guar. Presentando una aceptabilidad general de 6 ± 0.10, alto contenido proteico de 47.99 % y adecuada solubilidad 16.36 ± 0.09 %.

Palabras clave—*Plukenetia volubilis* L, *Bertholletia excelsa*, Bebida nutricional, Harinas extruidas.

Abstract— With the development of the industries of products derived from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) and Chestnut

(*Bertholletia excelsa*), the residues of these have also increased, which are known as cakes. That is why the objective of this research was to take advantage of these cakes by obtaining extruded flours that are destined to the formulation and preparation of foods for human consumption that contain high nutritional value, high acceptability, and good solubility. To validate its uses, it was proposed to formulate and develop a prototype of a nutritional drink with a high protein content (> 40%), adequate solubility (ISA> 16%), and with good acceptability. Both cakes were initially subjected to an extrusion process to obtain extruded flours. Proximal chemical characterization was performed using AOAC official methods. Eight treatments were developed to formulate the drink prototypes, with different proportions of extruded flours, cocoa powder, and guar gum. Carrying out the sensory evaluation using the 7-point hedonic scale, having general acceptability as a priority response variable. Four treatments (A, B, C, and D) were selected to evaluate the response variables: General acceptability, solubility, and protein content. The prototype of instant nutritional drink chosen was "treatment A" consisting of 29.70% extruded flour from the sachá inchi cake, 25.45% cocoa powder, 43.33% extruded flour from the chestnut cake and 1.52% guar gum. Presenting general acceptability of 6 ± 0.10, the high protein content of 47.99% and adequate solubility of 16.36 ± 0.09%.

Keywords—*Plukenetia volubilis* L, *Bertholletia excelsa*, Nutritional drink, extruded flours.

I. I. INTRODUCCIÓN

Las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y de castaña (*Bertholletia excelsa*), son semillas oleaginosas que contienen ácidos grasos esenciales como los omegas 3 y 6 [1], cuyo consumo está relacionado a la prevención de enfermedades cardiovasculares [2, 3, 4]. Ambos son cultivos que se encuentran distribuidos a lo largo de la amazonia, los cuales se vienen explotando para la producción de aceites.

Debido a la alta demanda de estos aceites vegetales hacia el

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.195>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

mercado externo [5], se viene generando residuos sólidos denominados tortas, influyendo de forma negativa en la carga ambiental si no terminan siendo aprovechados correctamente, y de esta forma, desperdiciando sus potencialidades nutricionales [6]. Estos subproductos son ricos en nutrientes, ya que posee una considerable cantidad de proteínas de origen vegetal [7, 8].

Se ha reportado que la torta de sachá inchi posee 59.1 % de proteínas [9, 10], mientras que la de castaña alcanzaría un 40.23 % [11]. Por otro lado, es común la inclusión de estas tortas dentro de la alimentación animal [8, 12]. Sin embargo, otros estudios reportan que se puede elaborar alimentos para consumo humano y de esta manera aprovechar su contenido nutricional [13]. No obstante, la propia naturaleza de las tortas de semillas oleaginosas presenta ciertos compuestos antinutricionales, como taninos, saponinas e inhibidores de tripsina [6], que pueden interferir sobre la disponibilidad de los nutrientes. Sin embargo, muchos de estos factores antinutricionales pueden inhibirse mediante la aplicación de diversos tratamientos tecnológicos.

Una de las técnicas más habituales es la extrusión de alimentos, la cual termina siendo una tecnología muy versátil que produce ciertos cambios favorables en los alimentos y permite obtener una gran diversidad de productos, dando la posibilidad de procesar mezclas de distintas fuentes adecuando el nivel nutricional, así como también inactivando enzimas y factores antinutricionales [14, 15].

El proceso de extrusión se desarrolla a elevadas temperaturas en corto tiempo, transformando una variedad de alimentos a productos intermedios o terminados como, por ejemplo: cereales para desayuno, snacks, sopas instantáneas, proteínas vegetales texturizadas, pastas, granolas, galletas, polvos de reconstitución instantánea para elaborar bebidas, etc [15, 16].

Se debe tomar en cuenta las características de la materia prima a extraer, así como también, la composición amilácea y proteínica. Durante la extrusión se produce la gelatinización del almidón [17], incrementando el índice de solubilidad en agua (ISA), la capacidad de absorción de agua (CAA) [18], permitiendo que mejore la digestibilidad del almidón [19]. Asimismo, la extrusión mejora la digestibilidad de la proteína en el alimento [17] y reduce considerablemente su carga microbiana, mejorando ciertos atributos sensoriales en el alimento extruido [19], pero para lograr un conveniente proceso de extrusión se debe definir correctamente la combinación de factores, tales como la humedad, la presión, la temperatura y la energía mecánica.

Por lo antes expuesto, y para lograr un buen aprovechamiento de estos subproductos agroindustriales, dándoles mayor contenido agregado, se contempló como opción obtener harinas extruidas de ambas tortas (sachá inchi y castaña), transformándolo en insumo o materia prima versátil en el desarrollo de distintos productos alimenticios. Asimismo, se contempla que el uso de harinas extruidas es apropiado para desarrollar bebidas, productos instantáneos y para usos industriales donde se requieran propiedades adhesivas [20, 21].

De esta manera, el objetivo de esta investigación fue aprovechar las tortas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y castaña (*Bertholletia excelsa*), en cantidades industriales para obtener harinas extruidas y que permitan su inclusión en la elaboración de alimentos para consumo humano, resultando

sumamente ventajoso por los volúmenes industriales que se vienen generando.

II. METODOLOGÍA

2.1 Procesamiento de las tortas de sachá inchi y castaña

Las tortas de Sachá inchi y de Castaña, derivados de cultivos de San Martín y Madre de Dios (Perú), respectivamente, fueron proporcionadas por la Asociación de Comercio Alternativo de Productos No Tradicionales y Desarrollo para Latino América Perú (CANDELA Perú), los cuales se obtuvieron luego de la extracción de aceite mediante la técnica de prensado en frío.

2.2 Procesamiento de las tortas de sachá inchi y castaña

La obtención de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y castaña se realizó siguiendo las operaciones detalladas en la Fig. 1. El acondicionado (molienda y tamizado) de las tortas de sachá inchi y de castaña se realizaron en la planta piloto del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao. La molienda de las tortas se realizó en un molino de platos (BUCHER S/S) y con el uso de tamices (RO-TAP® Sieve Shaker RX-29) se obtiene la granulometría requerida tal como se muestra en la Fig. 2 donde la imagen de la izquierda presenta un tamaño de partícula entre (2 cm a 3 cm) y la imagen de la derecha (> 4 mm).

El procesamiento de extrusión y posterior molienda se realizó en la planta agroindustrial de la empresa Complementos y Suplementos Orgánicos del Perú S.R.L, en donde para este fin se utilizó un extrusor (ETT-1000X) con una frecuencia de alimentación de 9.5Hz, flujo de agua: 6 - 8 Gal/h y una temperatura de salida del equipo de 160 °C.

Finalmente, las tortas extruidas fueron molidas en un molino de martillos (MDMT-45X-200X), obteniendo harinas con una granulometría de 250 µm (60 Mesh), para su inclusión en el desarrollo de las bebidas instantáneas experimentales.

Fig. 1 Diagrama del procesamiento de las tortas residuales



Fig. 2 Granulometría de la torta para su extrusión



2.3 Análisis químico proximal de las harinas extruidas

Las harinas de torta extruidas se sometieron a un análisis químico proximal para determinar su contenido de humedad, grasas, proteínas, carbohidratos, fibra y cenizas, siguiendo los métodos oficiales de análisis basados en las normas Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC) [22]. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de análisis Físico-Químico del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao.

2.4 Selección del panel sensorial

Se reclutó a 45 personas las cuales fueron sometidas a una secuencia de evaluaciones y de ellas se seleccionó únicamente a 32 panelistas. Estos fueron entrenados para que se familiaricen con los componentes del prototipo de bebida nutricional mediante atributos como el color, sabor, olor, consistencia y aceptabilidad general.

2.5 Formulación y caracterización de las bebidas experimentales.

En función a la variable respuesta aceptabilidad general, se realizó una evaluación sensorial a 32 panelistas mediante una escala hedónica de 7 puntos a 8 combinaciones de diferentes proporciones de la harina extruida de sachá inchi, harina extruida de castaña, cacao en polvo y goma guar, de esta manera se obtuvo 4 tratamientos experimentales definidos en la Tabla I.

De los 4 tratamientos se eligió la mejor formulación considerando como variable respuesta prioritaria la aceptabilidad general debido a que la bebida puede presentar un mayor contenido de proteínas derivadas de las tortas extruidas o una mayor solubilidad, resultando poco atractivo de manera organoléptica para el consumidor. Para definir a la mejor formulación experimental se realizó lo siguiente a las variables de respuesta:

- Determinación del contenido de proteínas [22], cuyo procedimiento se realizó en 4 etapas: digestión, neutralización, destilación y titulación.
- Determinación del índice de solubilidad, adaptándolo a los métodos propuestos por [20, 23].

- Pruebas de aceptabilidad sensorial, para lo cual se utilizó una escala hedónica estructurada de 7 puntos, donde la ponderación más baja (1) significa “me disgusta mucho” y la más alta (7) significa “me gusta mucho”.

Tabla I. Formulaciones experimentales de la bebida nutricional instantánea

| Tratamiento | Sachá inchi | Castaña | Cacao | Goma Guar |
|-------------|-------------|---------|-------|-----------|
| A | 30% | 43% | 25% | 2% |
| B | 28% | 46% | 24% | 2% |
| C | 28% | 45% | 24% | 3% |
| D | 31% | 41% | 26% | 2% |

Finalmente, para caracterizar nutricionalmente a la mejor formulación del prototipo de bebida nutricional instantánea, se le realizó un análisis químico proximal, siguiendo los métodos oficiales AOAC [22].

2.6 Análisis microbiológico de la bebida nutricional

El análisis microbiológico del prototipo de bebida nutricional se realizó en el Laboratorio de Microbiología del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IEA) de la Universidad Nacional del Callao bajo los métodos establecidos por la International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) [24]

2.7 Análisis estadístico

Las formulaciones de las bebidas y sus respectivos análisis fueron realizadas por triplicado. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey se realizaron para determinar qué tratamientos difieren entre sí, usando un nivel de significancia del 5%. El análisis estadístico fue realizado usando el programa MINITAB versión 18.

III RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Caracterización químico proximal de las harinas extruidas

En la Tabla II se muestran los resultados de la composición nutricional de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi (HETSI) y castaña (HETC). La composición nutricional de las harinas extruidas en primera instancia evidencia un bajo contenido de humedad similar a los valores de 5.09 % y 5.60 % reportados en otros estudios [25, 26].

Esto se debe al efecto de la temperatura sobre la humedad relativa durante el proceso de extrusión, teniendo como resultado un producto bajo en humedad, haciendo de las harinas extruidas un producto estable en almacenamiento.

El contenido de grasa es bajo (<10 %) en ambas harinas, lo cual es atribuido por algunos autores, como una consecuencia de

que la grasa sufre un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a la que es sometida durante la extrusión, haciendo que las finas gotas de grasa sean recubiertas por los almidones y proteínas formando conglomerados [27].

Tabla II. Composición nutricional de las harinas extruidas

| Componente | HETSI | HETC |
|-------------------|-------|-------|
| Humedad (%) | 5.03 | 6.13 |
| Carbohidratos (%) | 25.54 | 31.17 |
| Ceniza (%) | 5.96 | 8.88 |
| Grasa (%) | 6.82 | 5.82 |
| Proteínas (%) | 55.54 | 42.44 |
| Fibra (%) | 4.01 | 5.56 |

En cuanto al contenido proteico obtenido de cada una de las harinas extruidas se encontraron resultados considerables (HETSI: 55.54 %, HETC: 42.44 %), los cuales son similares en comparación con los valores de proteína (55.71 % y 58.61 %) de torta extruida de sachu inchi [26, 28]. Esta diferencia se puede atribuir a las diferentes zonas de producción de la materia prima, así como también a la temperatura de extrusión alcanzada durante el proceso o al contenido residual de grasa presente en la torta, pues si este último es menor, en consecuencia, los demás compuestos se incrementan porcentualmente [6].

3.2 Evaluación de las bebidas experimentales

En la Tabla III se muestran los resultados de las variables de respuesta contenido de proteína, índice de solubilidad y aceptación general de los tratamientos experimentales. El ANOVA de la Tabla IV muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a las variables respuesta índice de solubilidad (ISA) y el contenido de proteínas ($p < 0.05$).

Tabla III. Resultados del contenido de proteína, índice de solubilidad (ISA) y aceptabilidad general.

| Tratamiento | Proteínas (%) | ISA (%) | Aceptabilidad General |
|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| A | 48.05 ± 0.11 ^a | 16.36 ± 0.09 ^a | 6.00 ± 0.10 ^a |
| B | 47.74 ± 0.10 ^b | 14.46 ± 0.20 ^b | 5.70 ± 0.35 ^a |
| C | 47.37 ± 0.10 ^b | 15.88 ± 0.33 ^a | 5.63 ± 0.13 ^a |
| D | 47.25 ± 0.13 ^c | 13.97 ± 0.13 ^b | 5.61 ± 0.10 ^a |

* Promedio de al menos 3 repeticiones. Los contenidos de un mismo atributo que comparten una misma letra no son estadísticamente significativos ($p < 0.05$).

Este resultado se debe a que previamente fueron depuradas 4 combinaciones posibles por su aceptabilidad sensorial,

quedándonos con los tratamientos sensorialmente más atractivos para el consumidor. Asimismo, analizando estadísticamente los resultados y considerando el principio de “a mayor porcentaje es mejor”, se definió al “Tratamiento A” como la mejor formulación para el prototipo de bebida nutricional instantánea.

En contraste con otras fuentes a base de harinas extruidas de origen vegetal y con distintas temperaturas de extrusión, se tiene reportes de índices de solubilidad de 5.62 %, 9.56 % y 18.9 % [29, 30 y 31], los cuales los cuales difieren con nuestro estudio (16.36 ± 0.09 %) y esto se debe a la naturaleza de los almidones presentes y al efecto que tiene el tratamiento de extrusión sobre el almidón del producto, donde a medida que se incrementa la temperatura de extrusión, mayor es la expansión del producto y por consiguiente su solubilidad se incrementa [32].

Tabla IV. Análisis de varianza de las variables respuesta aceptabilidad general, contenido de proteína e índice de solubilidad (ISA)

| Variable Respuesta | SC Ajust. | MC Ajust. | P |
|-----------------------|-----------|-----------|-------|
| Aceptabilidad general | 0.3007 | 0.10023 | 0.126 |
| Proteína | 0.000069 | 0.000023 | 0.000 |
| Índice de solubilidad | 0.001155 | 0.000385 | 0.000 |

En las figuras 3, 4 y 5 se muestran las gráficas de efectos principales, donde se evaluó a los 4 tratamientos (A, B, C y D) en función a las variables de respuesta, encontrándose que el “tratamiento A” presenta una mayor aceptabilidad general con un puntaje de 6, un índice de solubilidad de 16.36 % y un contenido de proteína de 48.05 %.

Fig. 2. Efectos principales para la variable respuesta aceptabilidad general

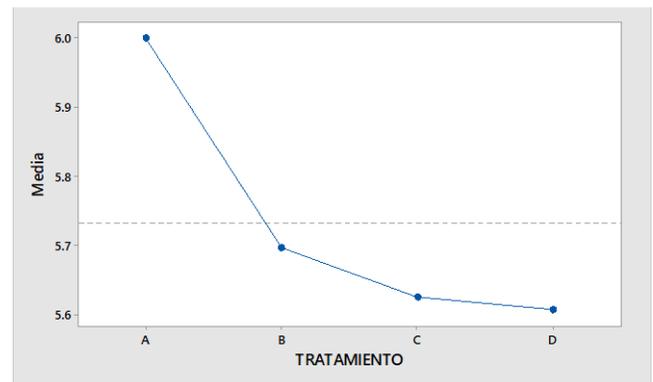


Fig. 3. Efectos principales para la variable respuesta solubilidad

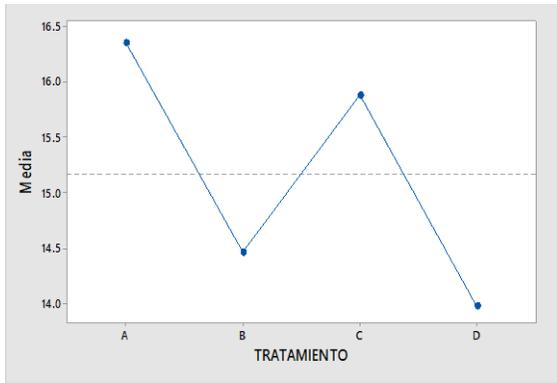
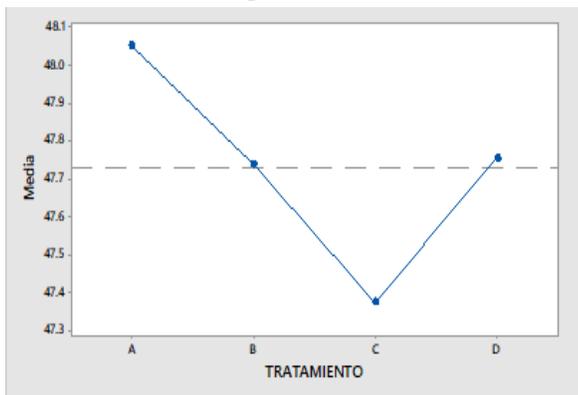


Fig. 4. Efectos principales para la variable respuesta contenido proteico.



3.3 Caracterización nutricional de la bebida nutricional instantánea seleccionada.

En la Tabla V se muestran los resultados la composición química proximal del prototipo de bebida nutricional elaborado. Dentro de estos resultados se encontró un contenido de proteína del 47.99 %, el cual es superior en comparación con lo reportado en otros estudios donde se elaboraron bebidas en polvo a base de cereales, leguminosas y tubérculos [30, 33 y 34]

Tabla V. Análisis químico proximal del prototipo de bebida nutricional instantánea

| Componente | Cantidad |
|-------------------|----------|
| Humedad (%) | 3.66 |
| Carbohidratos (%) | 29.29 |
| Ceniza (%) | 7.65 |
| Grasa (%) | 6.95 |
| Proteínas (%) | 47.99 |
| Fibra (%) | 4.46 |

Por otro lado, en la Tabla VI se realizó una comparación del aporte proteico de la bebida nutricional formulada y de otras bebidas en polvo que se comercializan en el mercado peruano y su aporte al valor diario recomendado (VDR) por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El análisis comparativo indica que la bebida nutricional elaborada a base de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña presentan un contenido de proteína superior a lo encontrado en los productos comerciales como Kiwigen, Kiwigen Golden, Punchao y Nunatura, cubriendo el valor diario recomendado de proteínas en un 6 % en una porción de 6 g.

Hay reportes sobre otros estudios donde se evaluaron el uso de la torta de sachá inchi sometidos a un tratamiento térmico con el fin de elaborar productos de panificación y otros tipos de alimentos, encontrando valores considerables en el contenido de proteína y la aceptabilidad [6, 27].

Tabla VI. Contenido de proteína/porción, Valor Diario de productos comerciales en el mercado peruano.

| Producto comercial | Composición principal | Porción | Proteína | VD |
|---------------------|---|---------|----------|-----|
| En el estudio | HETSI, HETC y cacao en polvo | 6 g | 2.9 | 6 % |
| Kiwigen | Quinoa, kiwicha y pasta de cacao | 20 g | 1 g | 3 % |
| Kiwigen Golden | Maca, quinoa y kiwicha | 17 g | 2 g | 4 % |
| Punchao instantáneo | Harina de habas y pasta de cacao | 20 g | 2 g | 5 % |
| Nunatura | Quinoa, kiwicha, tarwi, maca y cacao en polvo | 20 g | 2.2 g | 4 % |
| Naturandes | 7 semillas | 30 g | 4 g | 8 % |
| Ecoandino | Maca extruida | 5 g | 1 g | 2 % |

*Productos comerciales encontrados en supermercados peruanos

3.4 Caracterización microbiológica de la bebida nutricional instantánea

Los resultados de la caracterización microbiológica se muestran en la Tabla VII, en donde se puede apreciar que el producto desarrollado cumple con los criterios microbiológicos indicados en la RM N° 591-MINSA [35], por lo cual es apta para consumo humano.

Tabla VII. Análisis microbiológico de bebida nutricional instantánea

| CRITERIO MIRCROBIOLÓGICO | RECUESTO |
|--------------------------|---------------------------|
| Aerobios mesófilos | 5 x 10 ³ UFC/g |
| Mohos | 10 UFC/g |
| Coliformes | <1 UFC/g |
| Bacillus cereus | <1 UFC/g |
| Salmonella sp. | Ausencia/25g |

IV. CONCLUSIONES

Las tortas de sachá inchi y de castaña representan una fuente importante de proteína que pueden ser aprovechadas e incluidas en formulas alimenticias, ya que presentan un contenido proteico de 55.54 % y 42.44 %, respectivamente.

Se eligió el “tratamiento A” como el prototipo de bebida nutricional instantánea compuesto por harina extruida de la torta de Sachá inchi (29.70 %), Cacao en polvo (25.45 %), harina extruida de la torta de Castaña (43.33 %) y goma guar (1.52 %), alcanzando una buena aceptabilidad general, un alto contenido proteico (47.99 %) y adecuada solubilidad (16.36 ± 0.09 %)

El prototipo de bebida nutricional instantánea es viable y presenta un contenido proteico que proporciona el 6% del valor diario recomendado por la FDA [36] en una porción de 6g; además, cumple con los criterios microbiológicos de la RM 591-2008/MINSA, por lo que puede considerarse en la dieta humana como complemento nutricional.

REFERENCIAS

[1] Andía, C. Evaluación del índice químico del aceite de Castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) desgomado con agua y ácido fosfórico. Tesis de Pregrado. Puerto Maldonado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 2010.

[2] Sánchez, G. Caracterización y cuantificación de los ácidos grasos omega 3 y omega 6 presentes en el aceite de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis de Maestría. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 2012.

[3] García, A., Meneses, M., Pérez, P. & Pérez, F. Omega 3 y enfermedad cardiovascular: más allá de los factores de riesgo. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria. España*. Vol. 29 (1): 4 - 16. 2009.

[4] Guillén, M.; Ruiz, A.; Cabo, N.; Chirinos, R.; Pascual, G. Characterization of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and HNMR Comparison with linseed oil. *Journal of Oil & Fat Industries* 80: 755-762. 2003.

[5] Torres, E. Aspectos Teóricos de Estudio de Mercado: una Aproximación a la Demanda del Aceite de Sachá inchi. Tesis de pregrado. Universidad Peruana Unión. Perú. 2019.

[6] Vásquez, C. Aprovechamiento de subproductos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Desarrollo de un producto alimenticio, empleando harina proveniente de torta residual en la extracción del aceite. Tesis de Magister. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia. 2016.

[7] Sarkis, J., Corrêa, A., Michel, I., Brandeli, A., Tessaro, I., & Marczak, L. Evaluation of the Phenolic Content and Antioxidant Activity of Different Seed and Nut Cakes from the Edible Oil Industry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Vol 91. 1773–1782. 2014.

[8] Ramachandran S, Singh SK, Larroche C, Soccol CR, Pandey A. Oil cakes and their biotechnological applications—a review. *Bioresour Technol* 98:2000–2009. 2007.

[9] Bentacourth, C. Aprovechamiento de la torta residual de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante la extracción por solventes. Tesis de Magister. Colombia. Universidad de Manizales. 2013.

[10] Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J. & Rojas, R. Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de dos especies de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de la sociedad química del Perú*. Vol. 79(1): 34. 2013.

[11] Souza, M. & Menezes, C. Processamentos de amendoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parametros de qualidade. *Ciênc. Tecnol. Aliment*. Vol 24(1): 126. 2004.

[12] Antonioli, F. & Arfini, F. Sachá inchi. Investigación sobre las condiciones para el reconocimiento de la indicación geográfica en el Perú. Editorial Centro de Investigación Educación y Desarrollo - CIED Fundación Terre des Hommes Italia. Primera Edición. 2013.

[13] Glória, M. & Regitano D'arce, M. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do pará: obtenção e caracterização química e funcional. *SciELO-Food Science and Technology*. Vol. 20(2): 240-245. 2000.

[14] Riaz, M. Extrusores en las aplicaciones de alimentos. España: Editorial Acribia, S.A. 2004.

[15] Apró, N., Rodríguez, J., & Gornatti, C. La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos. *Jornadas de Desarrollo e innovación*. 2000.

[16] González, R., Torres, R. & De Greef. Extrusión-Cocción de Cereales. *Boletín de sociedad Brasileira de ciencia y tecnología de alimentos (sbCTA)*. Vol 36 (2): 83-136. 2002.

[17] Pérez, C., Cruz, R., Chel, L. y Betancur, D., Physical characterization of extrudates prepared with blends of QPM maize (*Zea mays* L.) and lima beans flours (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol 5: 145-155. 2006.

[18] Harper, J. Extrusion of foods. USA. Editorial CRC Press, Boca Ratón. 1981.

[19] Singh, S.; Gamlath, S.; Wakeling, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science & Technology*. Vol 42: 916–929. 2007.

[20] Anderson, R., Conway, H., Pfeiffer, U., & Griffin, R. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science*. Vol 14(1): 11-12. 1969.

[21] Vasanthan, T., Yeung, J. & Hoover, R. Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusión cooking. *Revista Starch/Stärke*. Vol 53(12): 616-622. 2001.

[22] A.O.A.C. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18 th Edition. Washington, DC. 2005.

[23] Cano, M., Stringheta, P., Ramos, A. & Cal, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*: Vol.6 (4): 420–428. 2005.

[24] ICMSF. Microorganismos de los alimentos I: Su significado y métodos de enumeración. Segunda edición en español. España: Ed. Acribia Zaragoza. 2000.

[25] Mondragón, G. Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sachá inchi). Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Perú. 121 pp. 2009.

[26] Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E y Aguirre, E. Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*. Vol 9(2): 199 – 208. 2018.

[27] Avellaneda, S. & Pardo, R. Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con torta desgrasada extruida de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Santa. Perú. 2015.

[28] Pascual, G.; Mejía, M. Extracción y caracterización de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Anales Científicos UNALM*. Vol 42: 146-160. 2000.

[29] Salazar, M. Formulación de un suplemento alimenticio infantil, a base de maíz (*Zea mays* L.), Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), por el proceso de extrusión. Tesis de pregrado. Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica. 2013.

[30] Aylas, R. Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado contenido proteico y libre de gluten, a base de cereales y leguminosas. Tesis para optar el grado de Magister en Alimentos. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 2017.

[31] Huaccho, C. & Lope, M. Elaboración de una mezcla alimenticia a base de Tarwi

(*Lupinus mutabilis* S), Quinoa (*Chenopodium quinoa* W), Maca (*Lepidium Peruvianum* C), y Lúcumá (*Pouteria lucuma*) mediante extrusión. Tesis de pregrado. Junín. Perú. 2007.

- [32] Aguilera, J. Modificaciones de las estructuras físicas y químicas de los almidones y proteínas sometidos al proceso de extrusión. Memorias del seminario taller de extrusión de alimentos. Quito. Ecuador. 1992.
- [33] Pacheco, E., Techeira, N. & García, A. Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extruida de Ñame (*Dioscorea alata*). *Revista chilena nutricional*. Vol. 35(4): 452-458. 2008.
- [34] Jiménez, J. Diseño del proceso de extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla Amaranto, Quinoa, Chocho y Avena. Tesis de pregrado. Quito. Escuela Politécnica Nacional. 2013.
- [35] RM 591-2008/MINSA. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.
- [36] FDA. F. Food Drug Administration. Recuperado el 24 de enero de 2020, de <https://www.fda.gov/>