

INVESTIGACIÓN

Formulación de una colada empleando harina de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) proveniente del proceso de obtención de aceite

DOI: 10.17533/udea.penh.v19n2a04

PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA
ISSN 0124-4108

Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
Vol. 19, N.º 2, julio-diciembre de 2017, p. 167-79.

Artículo recibido: 6 de junio de 2017

Aprobado: 30 de noviembre de 2017

Diana Vásquez-Osorio¹; Gustavo A. Hincapié Llanos²; Mónica Cardona³; Diana Isabel Jaramillo⁴;
Lina Vélez Acosta^{5*}

Resumen

Antecedentes: la extracción en frío de aceite de sachá inchi presenta bajo rendimiento, lo que genera aproximadamente un 60 % de torta residual, un contenido variado de grasa y un valor elevado de proteína. **Objetivo:** evaluar formulaciones de colada elaborados con harina de sachá inchi producida a partir de la torta residual de la extracción del aceite (HTSI). **Materiales y métodos:** se obtuvo HTSI mediante el acondicionamiento de la torta, molienda y tamizado, luego se incorporó en una formulación de colada sustituyendo el almidón de maíz al 0 %, 25 % y 50 %. Las formulaciones fueron evaluadas fisicoquímica, microbiológica, reológica y sensorialmente con panelistas mayores de 45 años. **Resultados:** según la Resolución 333 de 2011, la HTSI es buena fuente de proteína, calcio y ácidos grasos omega 3. Las formulaciones de colada presentaron buena calidad microbiológica y fueron aceptadas sensorialmente. La formulación F1 con sustitución del 50 % de almidón de maíz por HTSI fue un líquido que aportó 2,3 % menos energía, 16,3 % menos carbohidratos, 1,4 % más grasa y 90,7 % más proteína que una porción del producto tradicional. **Conclusiones:** la HTSI puede ser empleada en matrices alimentarias, y aporta proteína de alta digestibilidad a la dieta.

Palabras clave: procesamiento de alimentos, calidad de los alimentos, sachá inchi, harina, proteína.

- 1 Magíster en Innovación Alimentaria y Nutrición. Ingeniera agroindustrial. Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín-Colombia. dianacarolina.vasquez@upb.edu.co.
- 2 Magíster en Ingeniería. Químico. Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín-Colombia. gustavo.hincapie@upb.edu.co
- 3 Magíster en Ingeniería Ambiental. Bacterióloga y laboratorista clínica. Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín-Colombia. monica.cardona@upb.edu.co
- 4 Especialista en Gestión y Desarrollo. Ingeniera Agroindustrial. Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín-Colombia. dianaisabel.jaramillo@upb.edu.co
- 5* Autor de correspondencia. Magíster en Desarrollo. Ingeniera de alimentos. Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín-Colombia. lina.velez@upb.edu.co

Cómo citar este artículo: Vásquez-Osorio D, Hincapié GA, Cardona M, Jaramillo DI, Vélez L. Formulación de una colada empleando harina de sachá inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) proveniente del proceso de obtención de aceite. *Perspect Nutr Humana*. 2017;19:167-79. DOI: 10.17533/udea.penh.v19n2a04



Formulation of a Porridge Using Solid Remnants of Sachu Inchi Flour After the Oil Extraction Process

Abstract

Background: Cold extraction of sachu inchi oil presents low yield, generating approximately 60% solid residual remnants, which contain a variety of fats and high levels of protein. **Objective:** Evaluate porridge formulations made with the solid remnants left from the oil extraction of sachu inchi flour (HTSI). **Materials and Methods:** HTSI was obtained using the solids as dough, then conditioning, grinding, and sieving. The resultant product was then incorporated into a porridge formulation by substitution with corn flour at 0%, 25% and 50%. The formulations were evaluated using physical chemistry, microbiology, and rheology, and additionally were evaluated sensorially in panel with adults aged 45+ years. **Results:** HTSI is suitable for human consumption, and is a good source of protein, calcium and omega 3 fatty acids. The porridge formulations presented microbiological quality levels and were sensorially accepted by panel participants. Formulation with 50% substitution of cornstarch by HTSI is a liquid, and provides 2.3% less energy, 16.3% less carbohydrates, 1.4% more fat and 90.7% more protein than a portion of the traditional product. **Conclusions:** HTSI can be used in dietary plans to provide a high quality protein.

Keywords: Food handling, food quality, sachu inchi, flour, protein.

INTRODUCCIÓN

El sachu inchi, maní inca o también llamado maní de monte pertenece al género *Plukenetia* L., familia *Euphorbiaceae* Juss. Es nativo de la selva peruana (1), se encuentra en la Amazonía boliviana, brasileña y colombiana, además en los departamentos del Putumayo, Caquetá (2) y Antioquia (3). El ecotipo *Plukenetia volubilis* L. crece entre los 30 y 2110 m. s. n. m. (4) a temperaturas entre 10 a 36 °C (5). El fruto presenta forma estrellada, cada punta es un lóbulo, que a su vez contiene una semilla cuya superficie puede ser lisa o rugosa, de forma aplanada o ligeramente aplanada, a diferencia de *Plukenetia huayllabambana*; su tamaño oscila entre 0,9 cm y 2,0 cm, características dependientes de las condiciones agroclimáticas del cultivo (6,7). Al interior de la semilla se encuentra la almendra, que contiene cerca de 50 % de aceite; valor superior al contenido en las semillas de soya, algodón, girasol y maní (8), pero menor que el del *Plukenetia huayllabambana*, que tiene aproximadamente 9 % más (9); su perfil lipídico se

destaca por el contenido de ácidos grasos insaturados. Gutiérrez et al. (10) reportan 50,8 % de ácido linoléico, 33,4 % de ácido linoleico y 9,1 % de ácido oleico. El valor proteico está alrededor del 30 %; es rica en cisteína, tirosina, treonina y triptófano (4). Las poblaciones andinas han empleado este fruto en preparaciones tradicionales como sopas, galletas, alimentos para niños, entre otros (8), especialmente en Perú, donde obtienen aceite por diversos métodos y harina por atomización (11), la cual es aprovechada para la preparación de comidas, bebidas (12) y *snacks* como fuente de omegas 3 y 6 (13).

El aceite proveniente de la almendra de sachu inchi se cataloga como de alta calidad, debido a su perfil lipídico, y se destacan los omegas 3, 6 y 9, además de su composición farmacológica y toxicológica (8), lo que ha incrementado el interés de los consumidores por este producto y consecuentemente su explotación comercial. La extracción puede realizarse mediante presión, incremento de la temperatura, uso de disolventes o combinación

de las técnicas mencionadas (14), pero para la conservación de las propiedades se recomienda el prensado en frío (15). Del proceso de obtención del aceite resulta un subproducto denominado torta, a la cual se le puede dar diversos usos, entre ellos la producción de concentrados para animales (16), pero en otras ocasiones son consideradas desechos y se descartan (17). La calidad fisicoquímica de las tortas depende del método de extracción empleado (18); para el caso de la torta de sachá inchi, el contenido graso varía entre 4,2 y 40,2 % en base seca y la proteína puede estar entre 36,9 y 59,0 % en base seca, adicionalmente la composición aminoacídica presente en la torta de sachá inchi (4) puede ser igual o superior al patrón aminoacídico recomendado por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para adultos (19). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que un adulto debe consumir aproximadamente 0,7 g/kg al día de proteína (20), los productos elaborados con la torta de sachá inchi y sus derivados podrían representar un aporte nutricional especialmente proteico para la dieta.

Teniendo en cuenta el desempeño en el cultivo de *P. volubilis*, las características nutricionales de la torta residual y la calidad nutricional, este subproducto podría ser aprovechado en la industria alimentaria (9). La obtención de harina de sachá inchi producida a partir de la torta residual de la extracción del aceite (HTSI) permitiría el desarrollo de alimentos con harinas compuestas, las cuales se caracterizan por mejorar la calidad nutricional de los productos, especialmente el contenido de aminoácidos esenciales (21). Un aspecto importante en la calidad de las harinas son las condiciones microbiológicas; a nivel internacional no se tienen límites establecidos, pero en los bloques económicos se llega a acuerdos con el fin de garantizar el comercio justo y la salud de los consumidores; adicionalmente, en los análisis tradicionales de

microorganismos, se está siendo riguroso con el contenido de micotoxinas como las aflatoxinas y el deoxinivalenol, para los cuales los rangos permitidos oscilan entre 0 y 35 µg/kg y entre 300 y 2000 µg/kg respectivamente (22,23); en Colombia, la calidad de la harina de trigo está establecida en la Norma Técnica Colombiana - NTC 267 (24), el contenido de aflatoxinas en alimentos por la NTC 3581 de 2006 (25) y el nivel máximo de contaminantes en alimentos por la Resolución 4506 de 2013 (26); al compararlos en el contexto internacional, se puede afirmar que Colombia presenta límites permisivos intermedios, en tanto que los países más exigentes son los pertenecientes a la Unión Europea y los menos rigurosos son India y Brasil, para aflatoxinas y deoxinivalenol respectivamente (22,23).

El objetivo de esta investigación fue emplear torta residual de la extracción de aceite de sachá inchi como materia prima para la obtención de harina que puede ser empleada como ingrediente versátil en la industria alimentaria, puntualmente en la sustitución parcial de almidón de maíz, en un alimento tradicional denominado colada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación, llevada a cabo en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín, se realizó en dos etapas: la primera fue la obtención y caracterización fisicoquímica y microbiológica de la harina de sachá inchi producida a partir de la torta residual de la extracción del aceite (HTSI); la segunda comprendió la elaboración y caracterización de coladas desarrolladas con sustitución parcial de almidón de maíz por la HTSI producida en la primera etapa. La caracterización fue de tipo fisicoquímico, microbiológico y sensorial, los resultados para textura se soportaron con un análisis reológico.

Obtención y caracterización de la harina de torta residual de sachá inchi

En esta etapa se obtuvo la HTSI y se caracterizó fisicoquímica y microbiológicamente; se empleó como materia prima la torta residual resultante de la extracción del aceite de la almendra suministrada por una empresa de la ciudad de Medellín, dedicada a la extracción de aceite por prensa expeller. El proceso de obtención de harina constó de cuatro operaciones unitarias: 1) acondicionamiento de la materia prima, 2) molienda, 3) tamizado y 4) empaque. La primera se realizó en una prensa expeller marca Komet CA59G® a 110 °C, empleando la boquilla de salida con 8 mm de diámetro y velocidad del tornillo 36,5±0,5 rpm. La molienda se realizó en un molino de cuchillas marca Indutorno®, utilizando una criba de 2,0 mm de apertura. La harina proveniente de la molienda se sometió a tamizado en una zaranda marca SUELOS e ING®, usando la malla # 200 de la serie estándar —tamaño de apertura inferior a 75 µm—.

Finalmente, el producto obtenido se empacó en bolsas de material multicapa (BOPP/Poliamida/PEBD) de calibre 100 micras, las bolsas fueron selladas en una empacadora al vacío marca Sammic SV520®. La harina empacada fue almacenada en condiciones ambientales en el laboratorio, para posteriormente analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, empleando los métodos presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos realizados a la HTSI

Parámetro	Método
Humedad	A.O.A.C. 934.01 Ed. 19 Modificado
Cenizas	A.O.A.C. 923.03 Ed. 19
Grasa total	A.O.A.C 920.39 Ed. 19 Modificado
Proteína	A.O.A.C. 988.05 Ed. 19
Fibra cruda	A.O.A.C. 962.09 Ed. 19
Carbohidratos	Cálculo por diferencia de componentes diferentes a carbohidratos

Energía	Factores Atwater
DHA	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
EPA	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Grasa insaturada	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Grasa monoinsaturada	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Grasa poliinsaturada	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Grasa saturada	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Grasas Cis	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Grasa Trans	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Omega 3	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Omega 6	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Omega 9	A.O.C.S. official methods Ce 1c 89. Edition 2003 Modificado
Calcio	A.O.A.C. 984.27. Ed. 19
Fósforo	A.O.A.C. 931.01 Ed. 19 Modificado
pH	A.O.A.C. 994.18
Aw	A.O.A.C. 978.18
Recuento de aerobios mesófilos	NTC 4519
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	NTC 4458
Detección de <i>Salmonella</i>	NTC 4574
Recuento de mohos y levaduras	NTC 4132
Recuento de <i>Staphylococcus aureus coagulasa positiva</i>	NTC 4779
Recuento de <i>Bacillus cereus</i>	NTC 4679
Aflatoxinas totales	IN-GS-3,404
Deoxivalenol (DON)	IN-GS-3,404

Elaboración y caracterización de las coladas

Mediante pruebas preliminares, se definió el porcentaje de inclusión para cada ingrediente de la formulación control F1, se procedió a mezclar los ingredientes manualmente hasta obtener una premezcla homogénea. Posteriormente se realizó la cocción, para lo cual se tomó la mitad del agua de la formulación y se sometió a calentamiento hasta alcanzar el punto de ebullición, paulatinamente y con ayuda de una agitación suave se adicionó la premezcla disuelta en el agua restante y se continuó agitando constantemente por cinco minutos más, finalmente se retiró del fuego y se dejó enfriar. El procedimiento descrito anteriormente se ajustó a las recomendaciones de uso establecidas en la ficha técnica del almidón de maíz para garantizar su correcta hidratación y posterior gelificación. En la tabla 2 se presentan las tres formulaciones evaluadas; teniendo en cuenta que el contenido de almidón de la formulación 1 (F1) se tomó como un 100 %, y los otros dos tratamientos con sustitución parcial del almidón de maíz por la HTSI en la formulación. Así, F2 sustitución del 25% del almidón de maíz y F3 del 50 %, manteniéndose constantes los porcentajes de los demás ingredientes: agua, leche en polvo, canela y panela. Una vez obtenidas las formulaciones de colada, se procedió a evaluar su calidad fisicoquímica (humedad, grasa y proteína) y microbiológica, empleando los métodos descritos en la tabla 1.

Tabla 2. Formulaciones de colada

Ingrediente	Formulación		
	F1	F2	F3
Agua (%)	82,7	82,7	82,7
Almidón de maíz (%)	6,5	4,9	3,3
HTSI (%)	0,0	1,6	3,3
Leche en polvo (%)	5,5	5,5	5,5
Canela (%)	0,3	0,3	0,3
Panela (%)	5,0	5,0	5,0
Total	100,0	100,0	100,0

F1: blanco muestral, F2: sustitución del 25 % del almidón de maíz por HTSI, F3: sustitución del 50 %.

Evaluación sensorial

La calidad sensorial de las coladas fue evaluada mediante cuatro atributos: color, aroma, sabor y textura. Se encuestó a un panel no entrenado siguiendo los lineamientos planteados en la Norma Técnica Colombiana 3932: análisis sensorial por aproximación multidimensional (27); público específico, mayor de 45 años, asistentes a la Casa Gerontológica en el corregimiento de La Tablaza, ubicado en La Estrella, Antioquia. Para la prueba se establecieron tres grupos de 31 personas cada uno, se sirvió la muestra de manera estandarizada a cada panelista. Entre la degustación de una muestra y otra, los panelistas consumieron agua y galleta simple con el fin de eliminar sabores residuales del paladar. Para la calificación de las muestras, se aplicó la ficha de escala hedónica facial mixta de cinco puntos (28), para la realización del análisis estadístico, a cada figura se le asignó un número del 1 al 5 en escala ascendente de satisfacción.

Con el fin de soportar los resultados obtenidos en el panel sensorial sobre el atributo textura, se empleó un barrido de frecuencia en el que se obtuvieron como variables respuesta el módulo elástico (G') y el módulo de viscosidad (G''), que permitieron determinar el comportamiento del fluido a diferentes frecuencias y clasificarlo reológicamente. Las pruebas se realizaron en un reómetro marca TA Instruments Discovery HR-2® a 30 °C, con un tiempo de análisis de 120 segundos, geometría de platos paralelos Sand - Blast -107074 de 40 mm de diámetro, barrido logarítmico entre 0,01 Hz y 100,00 Hz, se empleó un gap de 1000 μ m, un volumen de 1,26 mL de muestra. Los datos fueron analizados en el *software* TA Instruments Tríos Versión: 2.3.3.1485 y se tomaron como el promedio de análisis de tres datos de cada una de las formulaciones obtenidas.

Colada de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Una vez analizados los resultados fisicoquímicos (proteína, grasa y humedad), el grado de aceptación por parte del panel hedónico y la reología de los productos, se seleccionó la formulación con mejores características y resultados en las pruebas y se compararon las cualidades nutricionales mediante análisis complementarios de proteína, grasa, fibra, cenizas y humedad, con el fin de confrontar fisicoquímicamente la formulación seleccionada y la formulación F1, además, se analizaron los resultados con la Resolución 333 de 2011 (29) y se establecieron las declaraciones que podrían realizarse sobre los productos obtenidos.

Análisis estadístico

Para las pruebas fisicoquímicas (humedad, grasa y proteína) y para las sensoriales se realizaron tres repeticiones. A los datos obtenidos se les efectuó un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de confianza del 95 %, usando el programa Statgraphics Centurion XV®. Las comparaciones múltiples se realizaron mediante la prueba de Tukey.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Antes de iniciar la prueba sensorial hedónica facial mixta de cinco puntos se convocó al grupo de panelistas y se procedió a leer y firmar el consentimiento informado, en el cual consta que la participación fue voluntaria, y se cumplió con los principios bioéticos de beneficencia, no-maleficencia, autonomía y justicia.

RESULTADOS

Obtención y caracterización de la HTSI

El tamaño de partícula de la HTSI obtenida en esta investigación fue igual o inferior a 75 µm, los resultados de la caracterización fisicoquímica se relacionan en la tabla 3.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de la HTSI

Parámetro	BH	BS
Humedad (%)	6,6±0,3	NA
Cenizas (%)	6,0±0,0	6,4±0,1
Grasa total (%)	4,3±0,2	4,6±0,2
Proteína (%)	57,8±1,6	62,0±1,6
Fibra cruda (%)	3,8±0,9	4,1±0,9
Carbohidratos (%)	21,4±2,4	22,9±2,6
Energía (Kcal/100 g)	370,8±2,5	397,2±1,3
DHA (%)	0,0±0,0	0,0±0,0
EPA (%)	0,0±0,0	0,0±0,0
Grasa insaturada (%)	3,9±0,2	4,2±0,2
Grasa monoinsaturada (%)	0,5± 0,1	0,5±0,1
Grasa poliinsaturada (%)	3,4±0,1	3,7±0,1
Grasa saturada (%)	0,4±0,1	0,4±0,1
Grasas Cis (%)	0,0±0,0	0,0±0,0
Grasa Trans (%) Grasa Trans (%)	0,0±0,0	0,0±0,0
Omega 3 (%)	2,1±0,2	2,2±0,2
Omega 6 (%)	1,5±0,1	1,6±0,1
Omega 9 (%)	0,4±0,1	0,5±0,1
Calcio (%)	0,5±0,1	0,6±0,1
Fósforo (%)	0,0±0,0	0,0±0,0
pH	6,4±0,0	NA
Aw	0,5±0,0	NA

BH: base húmeda, BS: base seca, NA: no aplica

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis microbiológico y de micotoxinas de la HTSI, la calidad microbiológica de este producto estuvo dentro de los requerimientos de la normatividad colombiana para harina de trigo y alimentos destinados al consumo humano.

Elaboración y caracterización de las coladas

Una vez evaluada la calidad fisicoquímica y microbiológica de la HTSI, se procedió con la segunda etapa de la investigación: elaboración y caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de las coladas obtenidas mediante la sustitución parcial de almidón de maíz por la HTSI obtenida.

Tabla 4. Resultados de análisis microbiológicos y de micotoxinas a la harina y formulaciones

Parámetro	HTSI	Límite normativo	Norma para harina	Formulación		
				F1	F2	F3
Recuento de aeróbios mesófilos UFC/g	89	200000		0	0	0
Recuento de Escherichia coli UFC /g	0	< 10		0	0	0
Detección de Salmonella /25 g	(-)	(-)		A	A	A
Recuento de mohos y levaduras UFC/g	0	3000	NTC 267	0	0	0
Recuento de Staphylococcus aureus coagulasa positiva UFC/g	0	<100		0	0	0
Recuento de Bacillus cereus UFC/g	0	500		0	0	0
Aflatoxinas ppb	< 1,4	10	NTC 3581 Resolución 4506 de 2013	NE	NE	NE
Deoxinivalenol (DON) ppb	< 500	500	Resolución 4506 de 2013	NE	NE	NE

NE: no evaluado, F1: blanco muestral, F2: sustitución del 25 % del almidón de maíz por HTSI, F3: sustitución del 50 %.

Se elaboraron las formulaciones de colada según lo descrito en la metodología. En la tabla 5 se presentan los resultados fisicoquímicos alcanzados para F1, F2 y F3; se evidencia que el contenido de proteína presentó diferencia estadísticamente significativa ascendente, conforme se incrementó el contenido de HTSI en la formulación; tanto el contenido de humedad como el de grasa no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5. Proteína, grasa y humedad de las formulaciones de colada

Formulación	Proteína (%)	Grasa (%)*	Humedad (%)*
F1	2,140±0,016 ^a	0,70±0,02	81,830±0,699
F2	3,072±0,019 ^b	0,70±0,31	81,981±0,401
F3	4,080±0,037 ^c	0,71±0,02	82,140±0,660
p	0,0000	0,9988	0,3320

F1: blanco muestral, F2: sustitución del 25 % del almidón de maíz por HTSI, F3: sustitución del 50 %.

Las variables marcadas con * no presentan diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p \geq 0,05$), letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos aplicando la prueba de Tukey.

En la tabla 4, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos realizados a las premezclas

de las formulaciones de colada F1, F2 y F3. Estos resultados indicaron que los tres productos presentan buena calidad microbiológica, por lo tanto, son aptos para el consumo humano. Luego se procedió a la preparación para ser evaluados en el panel sensorial.

La figura 1 y la tabla 6 contienen los resultados obtenidos en el panel sensorial. Las coladas F1, F2 y F3 no presentaron diferencia estadísticamente significativa para los atributos evaluados.

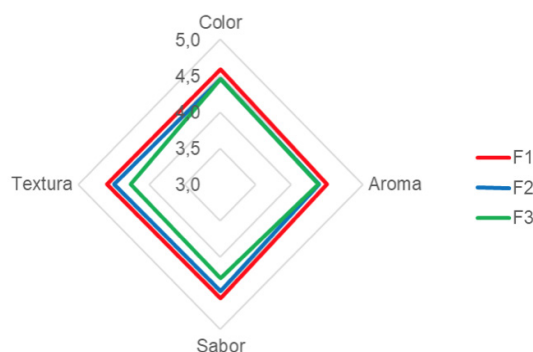


Figura 1. Resultado del panel sensorial. F1: blanco muestral, F2: sustitución del 25 % del almidón de maíz por HTSI, F3: sustitución del 50 %.

Tabla 6. Análisis estadístico del panel sensorial

Formulación	Color**	Aroma**	Sabor**	Textura**
F1	4,591±0,233	4,505±0,242	4,570±0,244	4,591±0,233
F2	4,452±0,148	4,387±0,161	4,473±0,215	4,495±0,244
F3	4,452±0,337	4,376±0,269	4,290±0,252	4,258±0,252
p*	0,7452	0,7553	0,4000	0,2982

F1: blanco muestral, F2: sustitución del 25 % del almidón de maíz por HTSI, F3: sustitución del 50 %

Las variables marcadas con ** no presentan diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p \geq 0,05$), letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos aplicando la prueba de Tukey.

En la figura 2 se aprecia el efecto del porcentaje de sustitución de almidón de maíz por HTSI, en el módulo elástico (G') y en el módulo de viscosidad (G''). Las formulaciones F1 y F2 mostraron comportamiento sólido, pero, a medida que se incrementó la frecuencia, incrementó el ángulo de fase y tendieron a ser líquidas. La formulación F3 tuvo un comportamiento líquido y, a medida que se aumentó su frecuencia, tendió a ser sólida (30). En las formulaciones F1 y F2, el módulo G' presentó mayor magnitud que G'' , lo que indica una tendencia a un material pseudoplástico. Por otro lado, la formulación F3 tuvo menor diferencia en magnitud entre G' y G'' , además el comportamiento varió según la frecuencia: hasta 0,1 G' fue mayor que G'' , entre 0,1 y 2,5 G' fue menor que G'' , y, finalmente, de 2,5 en adelante G' volvió a ser mayor que G'' , lo que indica que el fluido F3 es un líquido que a altas frecuencias tiende a comportarse como sólido (30).

Luego de analizar en conjunto los resultados fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y reológicos obtenidos para las tres formulaciones de colada, se seleccionó la formulación F3 para realizar la comparación nutricional con la formulación F1 respecto a energía, carbohidratos totales, cenizas, grasa, humedad, proteína y fibra cruda, los resultados se presentan en la tabla 7 junto con los porcentajes de valor diario (%VD), los cuales se calcularon para una porción de 399 g, equivalentes a una taza del producto, tomando los valores diarios de referencia de nutrientes y los lineamientos establecidos en la Resolución 333 de 2011 (29);

entonces, para una dieta de 2000 kcal F1 aportó 300 y F3, 290.

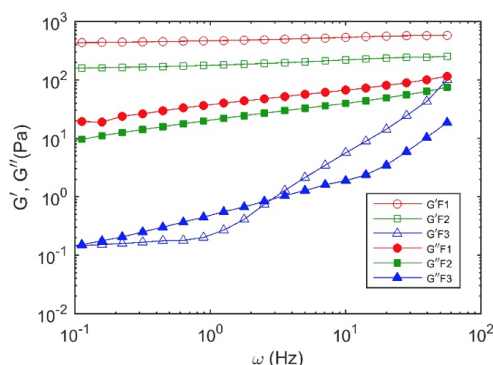


Figura 2. Efecto de la sustitución en módulo elástico y de viscosidad

ω : frecuencia angular, $G'F1$: módulo elástico blanco muestral, $G'F2$: módulo elástico sustitución del 25 %, $G'F3$: módulo elástico sustitución del 50 %, $G''F1$: módulo de viscosidad blanco muestral, $G''F2$: módulo de viscosidad sustitución del 25 %, $G''F3$: módulo de viscosidad sustitución del 50 %.

Tabla 7. Resultados de análisis fisicoquímicos de las formulaciones obtenidas

Parámetro	Formulación			
	F1		F2	
	(en 100 g)	(VD)*	(en 100 g)	(VD)*
Energía (Kcal)	74,20	-	72,50	-
Carbohidratos (%)	14,24	20	12,16	17
Cenizas (%)	0,49	NA	0,63	NA
Grasa total (%)	0,70	4	0,71	4
Humedad (%)	81,83	NA	82,14	NA
Proteína (%)	2,14	17	4,08	33
Fibra cruda (%)	0,61	NA	0,27	NA

* (VD): % valor diario basados en una dieta de 2000 cal en mayores de 4 años y porción de 399 g, NA: no aplica, no se cuenta con valores diarios de referencia.

DISCUSIÓN

Los contenidos de proteína y cenizas de HTSI encontrados en este estudio fueron superiores a los publicados por Jagersbergger (31), quien reportó 56,6 % y 5,9 % respectivamente, mientras que el contenido de grasa fue inferior, ya que el autor reportó 8,6 %. Estos resultados están estrechamente relacionados con el proceso de acondicionamiento de la materia prima, pues, al retirar el aceite residual de la torta, se obtiene un producto con menos grasa y en consecuencia los demás compuestos se incrementan porcentualmente. Por otro lado, frente a la Resolución 333 de 2011 (29), para una porción de 100 g, se puede declarar que la HTSI obtenida es buena fuente de ácidos grasos de tipo omega 3, con alto contenido de proteína y de calcio, naturalmente libre de colesterol, baja en grasa saturada y baja en carbohidratos. Sin embargo, es necesario definir la porción, y esto depende directamente de la matriz alimentaria en la cual será incluida. Teniendo en cuenta el contenido de humedad inferior a 4,5 %, el pH 6,4 y la actividad de agua (A_w) 0,5, teóricamente se podría afirmar que la HTSI obtenida presenta las características de un producto de estabilidad media, es decir, su vida en anaquel es alta y no requiere refrigeración para su conservación (32). No obstante, es necesario realizar estudios de estabilidad con el fin de determinar el tiempo de vida útil real del producto almacenado en determinado material de empaque y las condiciones de almacenamiento.

La calidad microbiológica de la HTSI se comparó con los límites establecidos por la normatividad colombiana para harina de trigo (24), por ser ampliamente comercializada en el país, en la industria alimenticia, y se encuentra dentro de los rangos empleados a nivel mundial. Se evidenció que la HTSI se encuentra dentro de los requerimientos normativos; las bacterias aerobias mesófilas están dentro de los límites establecidos en la

NTC 267 para harina de trigo (24), tomada como referencia, en la cual se indica que el índice máximo permisible es de 200 000 UFC/g. Además, la Resolución 4506 de 2013 (26) y la NTC 3581 de 2006 (25) establecen que el contenido máximo de aflatoxinas en alimentos para consumo humano es de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$, y la HTSI está por debajo del valor máximo permitido. No presentó microorganismos patógenos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, indicio de que este producto se obtuvo mediante un proceso higiénico, en el que se aplicaron buenas prácticas de manufactura.

El contenido de deoxinivalenol presente en la harina se encuentra por debajo de 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$, límite de detección del método empleado, que cumple con la Norma 4506 de 2013. En caso de incluirse en alimentos destinados al consumo infantil, se debe realizar un nuevo análisis en el que el límite de detección sea inferior a 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ con respecto a la base seca, según lo estimado en la norma anteriormente referenciada (26), puesto que el contenido de toxinas presentes en las diferentes materias primas del alimento formulado podría arrojar un resultado fuera del límite de seguridad para el alimento dirigido a poblaciones específicas como la infantil, los adultos o adultos mayores.

Al analizar el comportamiento estadístico de las tres formulaciones, se evidencia cómo la formulación F3 presentó mayor contenido de proteína que F1 y F2. A nivel microbiológico las tres formulaciones son aptas para el consumo humano.

Asegurada la inocuidad de los productos, se procedió a la realización del panel sensorial, el cual dio como resultado que las formulaciones de colada no presentaron diferencia estadísticamente significativa para los atributos evaluados y fueron aceptadas por la población mayor de 45 años. Sin embargo, la textura tuvo menor aceptación a medida que se incrementó el contenido de la HTSI en

Colada de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

la formulación, este comportamiento se relaciona con los resultados obtenidos para la evaluación reológica en la cual F3 tuvo menor resistencia al corte frente a F1 y F2, a su vez, F1 tuvo mayor resistencia al corte que F2; lo que indica que F3 es un fluido líquido, mientras que F1 y F2 son fluidos pseudoplásticos. Gracias a su mayor contenido de almidón de maíz, las formulaciones F1 y F2 forman redes de gel, por el contrario, la HTSI no, debido a su bajo contenido de almidón, lo que favorece el hecho de que no se presenten procesos de sacarificación durante la cocción (32).

El comportamiento de las formulaciones evaluadas también podría deberse a la granulometría; el almidón de maíz tiene menor tamaño de partícula frente a la HTSI, lo que beneficia el incremento de la resistencia al corte en los tratamientos con mayor contenido de almidón que HTSI. Según lo descrito en un estudio realizado a la harina de calabaza, es importante tamizar la harina con el fin de lograr uniformidad en el tamaño de las partículas y esto favorece el incremento en la viscosidad de la mezcla (30). En caso de contar con una HTSI más fina para la elaboración de las formulaciones de colada, el módulo elástico podría presentar mayor magnitud, pero mantendría la tendencia observada en la presente investigación, ya que podría mejorar la viscosidad y consecuentemente la textura, debido a que, al tener menor tamaño de partícula, se mejoraría la distribución de HTSI en el producto, pero F2 y F3 no lograron igualar la textura presentada en F1, pues estas no gelifican. Es importante anotar cómo la incorporación de HTSI permite obtener productos con menor grado o nulidad de gelificación, aspecto técnico favorable en comedores en los que se manejen grandes volúmenes de producto, lo que podría contribuir a disminuir las pérdidas que se presentan en los recipientes de cocción y a una mejor presentación en el plato.

Al analizar los datos calculados para una taza de F1 y una taza de F3, se puede afirmar: F3 es alta en proteína, buena fuente de carbohidratos y baja en grasa, mientras que F1 es buena fuente de proteína, alta en carbohidratos y baja en grasa.

Al relacionar los aspectos sensoriales y reológicos mencionados con los resultados fisicoquímicos, se evidencia cómo la F3 presenta mayor contenido proteico frente a F1 y F2, y que la población encuestada consumiría cualquiera de las tres formulaciones, por lo tanto, la formulación F3, con 3,3 % de almidón de maíz/ 3,3 % de HTSI, comparada con F1, aporta 2,3 % menos energía, 16,3 % menos carbohidratos, 1,4 % más de grasa (dicho valor no es importante en una porción de una taza), y 90,7 % más de proteína, la cual en una porción representa un incremento de 8 g. Según lo publicado por Flores et al. (33), esta proteína es de alta digestibilidad, además, conforme a la investigación de Ruiz (4) y de la FAO (2013) (19), esta es de buena composición aminoacídica; lo que la hace igual o superior al patrón de aminoácidos recomendado para adultos, a excepción de la leucina y la lisina, ya que el prensado se realiza en frío y el proceso de acondicionamiento para la obtención de harina a 110 °C, temperatura inferior al punto de fusión de los aminoácidos, el cual se da por encima de 200 °C (34). Por todo esto, el consumo de formulaciones de colada con sustitución de harina de trigo por HTSI contribuiría a incrementar la calidad de la proteína de la dieta (19). Este producto podría ser empleado como complemento nutricional en una dieta balanceada, gracias a su calidad nutricional y sensorial. Con el fin de mejorar la textura de los productos, se podría incluir gomas y estabilizantes en la formulación para lograr un comportamiento pseudoplástico del producto, característico de las coladas.

CONCLUSIONES

La harina de sachá inchi producida a partir de la torta residual de la extracción del aceite (HTSI) puede ser considerada como buena fuente de proteína, calcio y ácidos grasos omega 3, naturalmente libre de colesterol, baja en grasa saturada y en carbohidratos. Teniendo en cuenta los resultados del contenido graso, la humedad, el pH y la A_w de la HTSI, se establece que este es un subproducto de estabilidad intermedia y, teóricamente, no requeriría refrigeración para su conservación. La colada elaborada empleando como ingrediente la HTSI obtenida en este estudio es un producto con alto contenido de proteína de alta digestibilidad y podría ser incluida en la dieta como complemento nutricional.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos libremente no tener conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto financiado con recursos del Sistema General de Regalías “Investigación técnico-social de las oleaginosas promisorias higuierilla y Sachá Inchi con miras a su desarrollo agroindustrial” y a la Universidad Pontificia Bolivariana.

Referencias

1. Follegatti-Romero L, Piantino C, Grimaldi R, Cabral F. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *J. Supercrit. Fluids*. 2009;49(3):323-9. DOI: 10.1016/j.supflu.2009.03.010
2. Hurtado Ordoñez ZA. Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) cultivada en Colombia. [Trabajo de grado Maestría en Ciencias Biológicas]. Palmira: Universidad Nacional de Colombia; 2013.
3. Sánchez Sánchez GL. Caracterización y cuantificación de ácidos grasos omega 3 y omega 6 presentes en el aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). [Trabajo de grado Maestría en Ciencias Químicas]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2012.
4. Ruiz C, Díaz C, Anaya J, Rojas R. Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Rev Soc Quím Perú*. 2013;79(1):29-6.

Colada de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

5. Ríos Mesa AF. Protocolo para buenas prácticas agrícolas en el desarrollo agroindustrial del cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana; 2015.
6. Rodríguez Á, Corazon-Guivin M, Cachique D, Mejía K, Del Castillo D, Renno JF, et al. Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie. *Rev Peru de Biol.* 2010;17(3):325-30. DOI: 10.15381/rpb.v17i3.7
7. Kumar B, Smita K, Cumbal L, Debut A. Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) shell biomass for synthesis of silver nanocatalyst. *J. of Saudi Chemical Society.* 2017;21(1):S293-8. DOI: 10.1016/j.jscs.2014.03.005
8. Hamaker BR, Valles C, Gilman R, Hardmeier RM, Clark D, García HH, et al. Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Inca Penaut (*Plunkenetia volubilis*). *Cereal Chem.* 1992;69(4):461-3.
9. Chirinos R, Pedreschi R, Domínguez G, Campos D. Comparison of the physico-chemical and phytochemical characteristics of the oil of two *Plukenetia* species. *Food Chemistry.* 2015;173:1203-6. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.10.120
10. Gutiérrez LF, Rosada LM, Jiménez Á. Composición química de las semillas de "Sachá Inchi" (*Plukenetia volubilis* L.) y características de su fracción lipídica. *Grasas y aceites.* 2011;62(1):76-83. DOI: 10.3989/gya044510
11. Obregón A. Obtención de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*) en polvo, secado por atomización. [Trabajo de grado Especialidad Tecnología de Alimentos]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1996.
12. Aire Tarma YL, Taipe Chacaltana KS. Elaboración y caracterización de bebida esterilizada a partir de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). [Trabajo de grado Ingeniería en Industrias Alimentarias]. Chanchamayo: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; 2011.
13. Báez Pazmiño L, Borja Armijos AK. Elaboración de una barra energética a base de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*) como fuente de Omega 3 y 6. [Trabajo de grado Ingeniería en Alimentos]. Quito: Universidad San Francisco de Quito; 2013.
14. Betancourth López C F. Aprovechamiento de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite. [Trabajo de grado Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente]. Manizales: Universidad de Manizales; 2013.
15. Rawdkuen S, Murdayanti D, Ketnawa S, Phongthai S. Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sachá inchi sedes. *Food Bioscience.* 2016;15:64-71. DOI: 10.1016/j.fbio.2016.05.004
16. Vélez Pérez S. Exploración de la sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) como fuente de proteína para uso en nutrición animal en Colombia. [Trabajo de grado Maestría en Administración]. Medellín: Universidad EAFIT; 2013.
17. Mondragón I. Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sachá inchi). [Trabajo de grado Química Farmacéutica]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009.
18. Maurer N, Hatta-Sakoda B, Pascual-Chagman G, Rodriguez-Saona L. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, sachá inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) oil. *Food Chem.* 2012;134(2):1173-80. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.02.143
19. Food And Agriculture Organization of The United Nations. Findings and Recommendations of the 2011 FAO Expert Consultation on Protein Quality Evaluation In Human Nutrition. IN: Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. FAO. Rome; 2013. p. 19-48.
20. Organización Mundial de la Salud. Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO Technical Report Series N.º 935. Geneva: OMS; 2007.

21. Duodu K, Minnaar A. Legume composite flours and baked goods: nutritional, functional, sensory, and phytochemical qualities, En: Victor R. Preedy, Ronald Ross Watson, Vinood B. Patel. Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. San Diego: Academic Press; 2011. p. 193-203. DOI: 10.1016/B978-0-12-380886-8.10018-2
22. Trombete F, Saldanha T, Direito G, Fraga M. Aflatoxinas y tricotecenos en trigo y derivados: incidencia de la contaminación y métodos de determinación. Rev. chil. nutr. 2013;40(2):181-8. DOI:10.4067/S0717-75182013000200014
23. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003. Roma: FAO/OMS; 2004.
24. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 267. Harina de trigo, Bogotá: ICONTEC; 2013.
25. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Industrias alimentarias. Nivel máximo permitido de aflatoxinas en los alimentos. Bogotá: ICONTEC; 2006.
26. Colombia. Ministerio de la Protección Social. Resolución 4506 de 2013 por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El Ministerio; 2013.
27. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional: NTC 3932. Bogotá: ICONTEC; 1996.
28. da Cuncha DT, Botelho RBA, Ribeiro de Brito R, de Oliveira Pineli LDL, Stedefeldt E. Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar: validación de la tarjeta lúdica. Rev Chil Nutr 2013;40(4):357-63. DOI: 10.4067/S0717-75182013000400005
29. Colombia. Ministerio de la Protección Social. Resolución número 333 de 2011, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Bogotá: El Ministerio; 2011.
30. Ahmed J, Al-Foudari M, Al-Salman F, Almusallam A S. Effect of particle size and temperature on rheological, thermal, and structural properties of pumpkin flour dispersion. J. Food Eng. 2014;124(1):43-53. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.030
31. Jagersberger J. Development of novel products on basis of Sacha Inchi – Use of press cakes and hulls. [Trabajo de grado Master of Science]. Berghofer: Universitat Wien; 2013.
32. Badui Dergal S. Química de los alimentos, Quinta ed. México: Pearson; 2013.
33. Flores D, Lock O. Reassessing the ancient use of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) for nutrition, health and cosmetics. Rev Fitoterapia 2013;13(1):23-30.
34. Vasudevan D, Sreekumari S., Texto de bioquímica para estudiantes de medicina. Guadalajara: Cuéllar Ayala; 2012. Gan CY, Manaf NA, Latiff AA. Physico-chemical properties of alcohol precipitate pectin-like polysaccharides from *Parkia speciosa* pod. Food Hydrocolloids. 2010;24(5):471-8. DOI : 10.1016/j.foodhyd.2009.11.014