Artículo Original / Originale Article

Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial

Elaboration of a gluten-free bread based on cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) flour and sensory acceptability evaluation

RESUMEN

Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es un grano andino que está ganando interés como alternativas nutritivas sin gluten frente a los cereales convencionales de cara a las personas con trastornos relacionados al gluten. El objetivo de la presente investigación fue elaborar un pan libre de gluten a base harina de cañihua y evaluar su aceptabilidad sensorial. Se propusieron y elaboraron tres formulaciones en las que se variaron los porcentajes de harina de cañihua (7,6% 9,5% y 8,3%), almidón de yuca, (19%, 21% y 15,4%), suero de leche (3,8%) y goma xantán (0,6 y 1,2%). La formulación que contenía harina de cañihua (8,3%), almidón de yuca (15,4%), y goma xantán (1,2%) fue el que presentó mayor aceptabilidad (HC83). La composición proximal del pan de Cañihua mostró un contenido de proteínas (11,2%), grasa (11,2%) y fibra dietaria (4,74%). La evaluación sensorial por los consumidores celiacos mostró una aceptabilidad general de 4,6/5 puntos sobre la escala hedónica con una puntuación "me gusta mucho". En conclusión la harina de cañihua es un recurso adecuado y aceptable para los consumidores celiacos y puede utilizarse para la producción de panes. Palabras clave: Calidad; Cañihua; Evaluación sensorial; Libre de gluten; Pan.

ABSTRACT

Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) is a naturally gluten-free Andean grain that is gaining interest as a nutritious alternative to conventional cereals for people with gluten-related disorders. The objective of the present investigation was to elaborate a gluten-free bread formulation containing cañihua flour and evaluate its sensory acceptability. Three formulations were proposed that contained: cañihua flour (7.6% 9.5% and 8.3%), cassava starch (19%, 21% and 15.4%), whey (3.8%) and xanthan gum (0.6 and 1.2%). The results showed that the formulation containing cañihua flour (8.3%), cassava starch (15.4%) and xanthan gum (1.2%) obtained a satisfactory acceptability (HC83). The proximal analysis showed a protein content (11.2%), fat (11.2%), and dietary fiber (4.74%). The sensory evaluation by celiac consumers showed a general acceptability of

Saby Zegarra¹, Ana María Muñoz²,
Fernando Ramos-Escudero^{2*}.

1. Doctorado en Nutrición, Escuela de Postgrado,
Universidad San Ignacio de Loyola,
Av. La Fontana, 750, 15024 Lima, Perú.

2. Unidad de Investigación en Nutrición, Salud, Alimentos Funcionales
y Nutraceuticos, Universidad San Ignacio de Loyola (UNUSAN-USIL),
Calle Toulon, 310, 15024 Lima, Perú.

*Dirigir correspondencia a: Fernando Ramos-Escudero.
Unidad de Investigación en Nutrición, Salud, Alimentos
Funcionales y Nutraceuticos, Universidad San Ignacio de Loyola
(UNUSAN-USIL), Av. Calle Toulon, 310, 15024 Lima, Perú.
Teléfono: +51 3171000 extensión 3142
E-mail: diomedes.fernando@gmail.com

Este trabajo fue recibido el 22 de agosto de 2018.
Aceptado con modificaciones: 06 de enero de 2019.
Aceptado para ser publicado: 22 de marzo de 2019.

4.6/5 points on the hedonic scale with a score "I like it a lot". In conclusion, cañihua flour is a suitable source and acceptable for celiac consumers and can be used for the production of breads.

Keywords: Bread; Cañihua; Gluten-free; Quality; Sensory evaluation.

INTRODUCCIÓN

Cañihua es también llamada kañiwa¹ o cañihua, este recurso andino pertenece a la familia chenopodiaceae, la misma familia que la quinua (*Chenopodium quinoa*), este grano es tradicionalmente cultivado en los Andes de América del Sur², y es producida a una altitud entre 3.500 a 4.200 m.s.n.m³. Varios estudios han reportado que los

granos andinos como cañihua, quinua y amaranto tienen un gran interés como alternativas nutritivas libre de gluten para la sustitución de cereales convencionales (Moreno et al., 2014; Rai et al., 2018)^{4,5}. Este recurso presenta un contenido de carbohidratos (63%), grasas (7,6%), fibra cruda (6,1%), cenizas (4,1%) y proteínas (18,8%), de los cuales la principal fracción de proteínas son albumina y globulina (41%). Los beneficios saludables de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) están documentados. Estos beneficios incluyen péptidos, con potencial antioxidante y antihipertensivos², flavonoides y otros compuestos fenólicos² con actividad anti-hiperglucemia (Ranilla et al., 2009)⁶. Por otro lado, la búsqueda de formulaciones innovadoras aceptables, pueden ser una gran oportunidad para la utilización de harina de cañihua como un producto libre de gluten, y que además estaría aportando otros nutrientes que los productos de marcas comerciales no aportan. Los trastornos asociados al gluten y las cuestiones de estas asociaciones como la enfermedad celiaca (Rai et al., 2018)⁶, alergia al trigo (Czaja-Bulsa y Bulsa, 2017)⁷ y la sensibilidad al gluten no celiaca (Casella et al., 2018)⁸, pueden establecerse como un tipo específico de intolerancia alimentaria. La razón de esta intolerancia es la fracción de gliadina del gluten en los alimentos⁹. Cuando los pacientes con trastornos asociados al gluten consumen alimentos que contienen gluten, el cuerpo responde y ocurre una serie de eventos clínicos que incluyen (síndrome de malabsorción y diarrea, síntomas típicos y/o atípicos)^{10,11}. Por lo tanto, la primera consideración en la preparación de un producto sin gluten incluye la exclusión de cualquier alimento o ingrediente alimenticio que contenga gluten, o su fracción proteica, es decir, gliadina en trigo, horedina en cebada, secalina en centeno y avenina en la avena⁴. En el caso de la enfermedad celíaca afecta aproximadamente al uno por ciento de las personas en el mundo¹², y la dieta estricta sin gluten para toda la vida es el único tratamiento disponible. Por estas razones, existe una gran necesidad del desarrollo de productos para personas con trastornos relacionados con el consumo de gluten. El contenido de proteína en el trigo de diferentes variedades oscila entre 11%-12%¹³ y la eliminación completa del trigo de la dieta significaría la exclusión de una muy buena fuente de proteína. Por lo tanto, se debe considerar el contenido de proteína de fuentes alternativas como cereales (sorgo, arroz, maíz, teff, mijo, montinaTM, etc), pseudo cereales (trigo sarraceno, quinua, amaranto, etc), legumbres (germen de algarrobo, harina de soya, garbanzo, lenteja, guisante), semillas (chia, grosella negra, fresa, etc)^{12,14,15}. Sobre la base de estos recursos se han desarrollado diversos productos como tarhana (preparado con harina de arroz y maíz)¹⁶, galletas, pastas (tagliatelle, spaghetti, etc), pasteles, pizza, bizcochos^{12,14,17}. En el caso de la elaboración de panes libre de gluten para mejorar la calidad y la vida útil se han utilizado pseudo cereales para enriquecer el valor nutricional y mejorar las propiedades tecno-funcionales (Turkut et al., 2016)¹⁸. Entre

los principales países consumidores de pan en Europa con los altos niveles de consumo per cápita son el Reino Unido (96 kg), España (77 kg), Italia (65 kg), Alemania (65 kg), Rusia (61 kg) y Francia (52 kg)¹⁹, mientras que el consumo per cápita en América Latina son Chile (86 kg), Argentina (49 kg), Brasil (31 kg), Colombia (21 kg) y México (20 kg)²⁰. En el Perú el consumo per cápita del pan es de 35 kg, lo que equivale aproximadamente a 3 unidades de pan diario²¹, representando un alimento básico en la dieta tradicional, ya que es uno de los productos más apreciados dentro de la canasta familiar por su variedad y sabor característico, así como por su valioso aporte nutricional, ya que es fuente de carbohidratos, vitaminas B1, B2, B9, fibra, hierro, zinc, magnesio y potasio²²; sin embargo, a la vez es uno de los productos más restringidos para las personas que padecen de celiaquía.

La presente investigación tiene por objetivo elaborar un pan de cañihua con alto valor proteico y libre de gluten, enriquecido con suero de leche e incorporando insumos y aditivos que se acerquen al comportamiento reológico del trigo en la panificación, y evaluar la aceptación sensorial del pan elaborado a base de harina de *Chenopodium pallidicaule* Aellen (cañihua).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para la elaboración del producto se utilizó la harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y almidón de yuca, libre de gluten (Pachanostra[®]) adquiridos de Peruvian Nature S.A.C. Suero de leche (WPC-80) (Agropur[®]) y goma xantán (F-80) (Deosen[®]) adquiridos de E&M S.R.L., mientras que la levadura fresca (Fleischmann[®]), margarina sin sal, azúcar rubia, almidón de maíz, huevo y sal fueron adquiridos del supermercado en Lima, Perú. Todos los alimentos utilizados en este estudio muestran certificación de libre de gluten (< 20 ppm).

Formulación y preparación del pan

La masa del pan se produjo de acuerdo con la tabla 1, para la cual se ensayaron tres formulaciones. El diseño experimental para la elaboración de pan libre de gluten en base a la harina de cañihua se observa en la figura 1.

Análisis fisicoquímico y composición químico proximal

El análisis fisicoquímico se llevó a cabo mediante la medición del pH (AOAC 981.12)²³ y el análisis de la acidez titulable (NTP 206.008) (NTP, 2002). La humedad (AOAC 935.36), ceniza (AOAC 935.39B), grasa (AOAC 922.06), proteína bruta (AOAC 984.13A) y la fibra dietaria (AOAC 985.29) se determinaron mediante procedimientos estándar²⁴. La determinación de los carbohidratos se obtuvo por la diferencia del 100% menos (humedad + proteína + grasa + cenizas). La energía total se calculó utilizando la siguiente ecuación: Energía = proteína*4 + grasa*9 + carbohidratos*4.

Tabla 1. Formulaciones para la elaboración de la masa del pan.

Componentes	Porcentaje, %			
	F0(HT41)	F1(HC76)	F2(HC95)	F3(HC83)
Harina de cañihua, HC	4,1	7,6	9,5	8,3
Almidón de yuca, AY	0	19,0	21,4	15,4
Fécula de maíz, FM	0	3,8	6,0	5,9
Harina de trigo, AT	41,5	0	0	0
Concentrado de proteína de suero de leche	0,7	3,8	3,8	3,8
Leche en polvo	1,2	3,8	3,6	3,6
Goma xantán	0,7	0,6	0,6	1,2
Azúcar	3,3	6,3	6,0	7,1
Levadura	1,7	1,3	1,2	1,2
Margarina	4,1	4,4	4,2	4,1
Huevo	1,2	5,1	4,8	4,7
Agua	41,5	44,3	39,3	45,0

Codificación de las formulaciones:
F0: HT41: HC 4,1% + AY 0,0% + FM 0,0%
F1: HC76: HC 7,6% + AY 19,0% + FM 3,8%
F2: HC95: HC 9,5% + AY 21,4% + FM 6,0%
F3: HC83: HC 8,3% + AY 15,4% + FM 5,9%

Figura 1. Diseño experimental para la elaboración de pan libre de gluten en base a la harina de cañihua. F1(HC76), F2(HC95) y F3(HC83), formulaciones propuestas; Fs, formulación seleccionada.

Volumen específico y gluten del pan

El volumen específico del pan se calculó siguiendo el modelo matemático de volumen-masa descrita por Huang et al. (2008)²⁵, el cual es el resultado de la división del volumen del pan expresado en centímetros cúbicos (cm³) entre la masa del pan expresado en gramos (g). La determinación del gluten se realizó por el método de enzimoimmunoensayo (Ridascreen® gliadin, art. n° R7001) de R-Biopharm, descrita previamente por López et al. (2010)²⁶.

El análisis de perfil de textura (TPA) se llevó a cabo para evaluar los parámetros de firmeza (dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad), para la evaluación se utilizó un Analizador de Textura Universal (3365 Instron Corporation, USA), equipado con una aguja de punción de 5 mm.

Análisis del color

Las mediciones de color (CIE $L^*a^*b^*$) de los panes libre de gluten fueron hechos utilizando técnicas de imágenes. Las imágenes de color fueron obtenidas utilizando una cámara digital de alta resolución, la captura de las imágenes de color de las muestras fue bajo iluminación adecuada. Los parámetros cromáticos $L^*a^*b^*$ fueron obtenidos utilizando Color Inspiration Tool, ver. 1.10.1 (<https://appadvice.com/app/color-inspiration-tool/983966188>). El ángulo de tono (hab) y el croma se calcularon de la siguiente manera: (hab) = $\arctan(b^*/a^*)$; $croma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$. La diferencia de color ($\Delta E^* = \sqrt{(L^*-L_0)^2 + (a^*-a_0)^2 + (b^*-b_0)^2}$).

dónde: L_0 , a_0 y b_0 representan la claridad, rojez/verdor, y azules/amarillez.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se llevó a cabo de acuerdo con los métodos recomendados por la ICMSF-Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas de Alimento. El análisis consistió en un recuento de aerobios mesófilos (recuento estándar en placa) y un recuento de *Bacillus cereus* por el método FDA/BAM.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se desarrolló en tres etapas:

- Determinación de los criterios sensoriales para la selección del pan. – La determinación de los atributos más valorados se llevó a cabo utilizando una prueba discriminativa. El análisis sensorial se realizó con un grupo de 76 panelistas, pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Alimentaria de la Universidad Nacional Federico Villarreal, a los panelistas se les solicitó otorgar un puntaje comenzando desde 1 (menos importante) al 5 (más importante), teniendo en cuenta los atributos de sabor, color, olor, volumen y suavidad.
- Evaluación sensorial para la elaboración del pan con mayor aceptabilidad. – Las tres formulaciones fueron sometidas a evaluación sensorial para la cual se utilizó pruebas de aceptabilidad mediante una escala hedónica²⁷, de cinco puntos y se evaluaron los atributos de color,

olor, sabor y aceptabilidad general. Para el análisis, la escala hedónica se convirtió a puntajes numéricos (me gusta mucho= 5, hasta me disgusta mucho= 1).

- Evaluación de la aceptabilidad del pan se llevó a cabo por 36 consumidores celiacos, cuyas edades fluctuaron entre 25 y 50 años, para esta evaluación se utilizó la prueba del grado de aceptabilidad empleando una escala hedónica de 5 niveles²⁸. A los panelistas no se les pagó por su participación y ellos completaron un formulario de consentimiento.

Análisis estadístico

El análisis fisicoquímico, la composición proximal, volumen específico, el contenido de gluten y el perfil de textura se realizaron por triplicado. Todos los resultados se expresaron en media±desviación estándar. La evaluación sensorial se realizó utilizando el test de Friedman de múltiples comparaciones mediante el uso de software estadístico (XLSTAT ver. 2015, Statsoft, France).

RESULTADOS

Propiedades físicas y perfil de textura del pan

En la tabla 2 se muestran los valores de dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad del pan control (HT41) y de las tres formulaciones propuestas (HC76, HCH95 y HC83) y el volumen específico del pan. El análisis de perfil de textura muestra que la formulación HC95 presenta mayor dureza, mientras que la formulación HC76 fue mayor en cohesividad. Las otras variables que incluyeron el volumen específico recayeron sobre la formulación control (HT41). Estos resultados muestran que la dureza aumentó en la medida que los porcentajes de harina de cañihua, almidón de yuca y fécula de maíz también aumentaron en la formulación. La cohesividad probablemente se debe al aumento de huevo y leche, mientras que los otros parámetros como gomosidad, elasticidad, masticabilidad y volumen específico se debe a la presencia de harina de trigo y otros ingredientes.

El color es una de las propiedades de calidad más importantes para la aceptabilidad de los alimentos, además que presentan un impacto positivo sobre los consumidores. Los parámetros color de todas las formulaciones son mostradas en la tabla 2. En el caso de la claridad (L^*) la muestra control (HT41) presenta 85,24 unidades CIELAB mientras las muestras que contienen harina de cañihua (HC) se encuentran alrededor de 37,03 a 53,96 unidades CIELAB. El parámetro cromático a^* , para la muestra HT41 fue negativo mientras que las muestras HC76, HC83 y HC95 presentaron valores positivos. Por otro lado, el valor de color b^* (amarillento) disminuye mientras aumenta el contenido de harina de cañihua, y el croma es el valor que indica la intensidad del color en el caso de las muestras que contienen harina de cañihua el croma es más bajo que la muestra control (HT41), mientras que el tono (hab) varió entre 27,41 a 61,11, en el caso de la muestra control el tono presentó un valor negativo. La diferencia de color

Tabla 2. Análisis del perfil de textura, volumen específico y parámetros cromáticos del pan de cañihua. ΔE^* , es la diferencia de color entre la muestra (HT41) y cada formulación.

Componentes/Color	Porcentaje, %			
	F0(HT41)	F1(HC76)	F2(HC95)	F3(HC83)
Dureza (kg-f)	1,06	4,29	4,70	3,52
Cohesividad	0,57	1,27	0,57	0,70
Elasticidad	0,87	0,81	0,70	0,70
Gomosidad (g-f)	605	5525	2819	2803
Masticabilidad (g/mm)	52625	4407	2224	2190
Volumen específico (g/cm³)	3,68	3,20	3,27	3,65
L^*	85,2±2,84	53,9±6,51	37,0±3,10	47,5±1,23
a^*	-0,82±1,72	3,98±0,73	4,01±0,81	8,44±1,52
b^*	19,1±3,61	7,18±0,54	3,03±1,84	6,29±0,78
Tono (h_{ab})	-86,4±2,75	61,1±4,54	27,4±8,69	37,0±7,10
Croma	19,1±3,69	8,23±0,64	5,27±0,58	10,6±1,14
ΔE^*		33,9±4,14	51,1±0,52	41,0±4,00
Color

ΔE^* , es la diferencia de color entre la muestra (HT41) y cada formulación.

(ΔE^*) entre la muestra HT41 y las muestras HC76, HC83 y HC95, fue muy marcada.

Criterios y evaluación sensorial para la selección del pan

Los resultados para los atributos de un pan se presentan como la característica obtenida de 76 personas encuestadas. El ranking del puntaje obtenido para cada atributo está representado por el sabor (289) > olor (273) > color (202) > suavidad (190) > volumen (181), respectivamente (datos no mostrados). De las cinco características (sabor, color, olor, volumen y suavidad) evaluadas se indica que el sabor, el olor y el color fueron las cualidades generales que busca el consumidor al momento de adquirir un pan.

La evaluación sensorial realizada por un panel semi-entrenado para determinar el grado de satisfacción de las tres formulaciones (HC76, HC95 y HC83), se desarrolló en función de los siguientes atributos (sabor, olor, color) y apariencia general. En la figura 2 se muestra los valores promedios de la evaluación sensorial. Los resultados mostrados para el atributo color indican diferencia significativa, presentando un mayor valor de aceptación, la formulación HC76. Para el atributo olor no se encontró diferencias significativas entre las formulaciones. El atributo sabor para la formulación HC83 presentó mejor aceptación, sin embargo, las otras

formulaciones no mostraron diferencias significativas. Para la aceptabilidad general (AG) la muestra HC76 presentó mayor puntuación seguida de la formulación HC83, y finalmente la formulación HC95.

Selección de la formulación adecuada

La selección de la mejor formulación se evaluó tomando en cuenta el perfil de textura y la evaluación sensorial, por lo que la mejor formulación correspondió a la muestra HC83 (8,3% harina de cañihua: 15,4% almidón de yuca: 5,9% fécula de maíz: 7,1% azúcar: 3,6% suero de leche y leche en polvo), ya que fue el que obtuvo el calificativo más alto para el atributo sabor (característica de mayor importancia en la elección de un pan) así como también por presentar el menor valor de dureza (3,52 kg-f) en comparación con las formulaciones HC76 (4,29 kg-f) y HC95 (4,70 kg-f), además de presentar un olor y apariencia general aceptables, esta formulación mostró un color marrón oscuro en la corteza, una miga poco porosa de color crema, de sabor ligeramente dulce y olor característico considerado agradable. La aceptabilidad sensorial por los consumidores celiacos mostró una puntuación de 4,64/5 sobre la escala hedónica (Figura 3).

En la tabla 3 se muestra los resultados del análisis fisicoquímico, proximal y microbiológico del pan seleccionado (HC83). El análisis fisicoquímico muestra un pH 6,10 y

Figura 2. Evaluación sensorial por el panel semi-entrenado para determinar el grado de satisfacción de las tres formulaciones (HC76, HC95 y CH83). Las letras diferentes muestran diferencias significativas a $p < 0.05$, según la prueba de Wilcoxon. Aceptabilidad general (AG).

Figura 3. Diagrama de araña para la aceptabilidad sensorial del pan de cañihua por consumidores celiacos.

una acidez titulable 0,06%. El análisis de composición proximal muestra un aporte de proteínas, extracto etéreo y carbohidratos se encuentra alrededor de 11,22, 11,17 y 59,94%, respectivamente, mientras que el aporte de

energía total fue 365,17 kcal/100g. En relación al análisis microbiológico, el pan muestra un recuento de aerobios mesófilos de 85 ufc/g, *Bacillus cereus* < 100 ufc/g, mientras el recuento para mohos fue < 100 ufc/g.

Tabla 3. Composición físico-química, proximal y microbiológica del pan de cañihua seleccionado.

	Análisis		
	Fisicoquímico	Proximal	Microbiológica
pH (T= 20°C)	6,10		
Acidez titulable (% , ácido sulfúrico)	0,06		
Humedad, %		20,9	
Proteína, %		11,2	
Extracto etéreo, %		11,2	
Cenizas, %		1,71	
Fibra dietaria, %		4,74	
Carbohidratos, %		59,9	
Energía total (kcal/100g)		365	
Gluten (mg/kg)		20,0	
Aerobios mesófilos (ufc/g)			85
<i>Bacillus cereus</i> (ufc/g)			<100
Mohos (ufc/g)			<100

DISCUSIÓN

La dureza de la miga es uno de los parámetros de calidad más importantes en la evaluación y caracterización de los panes libres de gluten, ya que a menudo puede representar un factor de aceptación o rechazo por parte de los consumidores. Se puede definir como dureza de un alimento a la fuerza que se requiere para comprimir entre los molares, la lengua y el paladar, expresándose en unidades de fuerza (Civille y Szczesniak, 1973)²⁹. La formulación F2 (HC95) ($4,70 \pm 1,54$ kg.f) presentó mayor valor de dureza comparada con el pan testigo F0 (HT41) ($1,06 \pm 0,10$ kg.f), siendo la formulación F3 ($3,52 \pm 1,22$ kg.f), a estos valores encontrados en las formulaciones CH76, HC95 y HC83, se les atribuye una correcta interacción de almidón-proteína e hidrocoloides, estando el valor de dureza dentro de los valores reportados para panes sin gluten ($1,33$ kg.f a $7,53$ kg.f) (Sabanis et al., 2009; Houben et al., 2012)^{30,31}.

En cuanto a la cohesividad de un pan, esta es apreciable mientras presente el menor valor. En los resultados se muestra que las formulaciones HC95 ($0,57 \pm 0,22$) y HC83 ($0,70 \pm 0,55$) obtuvieron valores cercanos al pan testigo ($0,57 \pm 0,03$); y superaron el valor de un pan enriquecido con fibra dietaria a partir de los bagazos de manzana y mandarina ($0,50$ y $0,53$) (Gutiérrez la Torre, 2014)³², lo que demuestra que cuando en el producto existe un porcentaje considerable de fibra, la cohesividad en los panes disminuye, permitiendo que el pan pueda deformarse. Con respecto a la elasticidad, los panes formulados tienen valores cercanos al pan testigo, lo que demuestra que

cualquiera de ellos podría mantener sus características originales desde la salida del horno hasta su llegada al consumidor; esta característica es propiciada por la adición de hidrocoloides que mimetizan el comportamiento del gluten presente en los panes tradicionales. Los valores de gomosidad y masticabilidad en las formulaciones evaluadas presentaron valores inferiores al pan testigo, por lo que se puede afirmar que no se necesitará demasiada energía para que se desintegren. En la tabla 2 se aprecian los valores de volumen específico (g/cm^3) de los panes, en la cual se muestra que la formulación (HC83) fue la que presentó mayor volumen específico de $3,65$ ml/g, estando cercano al pan testigo ($3,68$ ml/g), esto se debe a la ausencia de gluten en la masa, por lo tanto retiene menor CO_2 durante la fermentación. Sin embargo, la presencia de proteínas del huevo, leche y de sustancias hidrocoloides (goma xantán) fueron las que contribuyeron a que el pan de cañihua presente un adecuado volumen específico, ya que este hidrocoloide en concentraciones a partir de $0,4\%$ contribuye a la retención de gas y con ello al aumento del volumen específico (Preichardt et al., 2011)³³. En estudios realizados donde se han empleado los almidones en la fabricación de panes sin gluten se reportaron excelentes resultados en la masa al hornearse (Del Castillo et al., 2009)³⁴, y brindaron un mejor alveolado y una mejor textura. Por otro lado, la adición de mantequilla y huevo favorecen la gelatinización y solubilización del almidón (Eggleston et al., 1992)³⁵.

Por otro lado, los parámetros cromáticos mostrados en la tabla 2, muestran valor de L^* y b^* bajos, mientras

que valor de a^* son altos y positivos con respecto del pan testigo (HT41), esto se debe al incremento de harina de cañihua en las formulaciones (HC76, HC95 y CH83). Este mismo efecto se puede observar en panes libre de gluten donde las muestras fueron enriquecidas con algas marrones en polvo (*Ascophyllum nodosum*) (Rózyło et al., 2017)³⁶. Por otro lado, el croma es muy variable para las formulaciones, mientras que el pan testigo presenta un croma alto, debido a la brillantez, este parámetro cromático se pierde por la incorporación de harina de cañihua.

Los tres atributos más apreciados por los consumidores de acuerdo con los datos obtenidos fueron: sabor, olor y color, lo cual concuerda con reportes que afirman que el consumidor aprecia en un pan su sabor seguido de la textura y color (Gutiérrez La Torre, 2014)³². Por otro lado, existe una buena correlación entre las mediciones sensoriales y las instrumentales utilizadas para identificar los descriptores sensoriales que mejor pudieran caracterizar panes libres de gluten (Pagliarini et al., 2010)³⁷. El color también es un parámetro importante en la caracterización de panes libres de gluten (Gallagher et al., 2003)³⁸. El test de Friedman correspondiente al atributo color determinó que sí existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre las muestras de panes formulados; esto se puede deber a los diferentes porcentajes de sustitución de harina de cañihua y azúcar empleados en las formulaciones HC76, HC95 y HC83, los cuales contribuyeron a desarrollar el color de la corteza del pan a través de la cocción en el proceso de horneado, ya que en esta etapa se produce el fenómeno de reacción de Maillard (Toaquiza, 2011)³⁹.

Sensorialmente las formulaciones fueron definidas dentro de la escala hedónica como “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta moderadamente”, porque su valoración aproximada se encontró entre 3,16 y 3,61 puntos sobre una valoración de 5 puntos. La formulación CH76 (7,6% harina de cañihua y 6,3% azúcar), presentó una coloración adecuada de “me gusta moderadamente” con un valor de 3,61 puntos sobre 5 puntos, por lo que este tratamiento difiere de los demás en cuanto al color, esto se puede deber a la menor cantidad de harina de cañihua y azúcar, en otros estudio se hace referencia que los panes que presentaron un color menos intenso fueron los más apreciados (Wong, 2012)⁴⁰. En el caso del atributo olor se determinó que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre las muestras analizadas. La valoración promedio alcanzó una calificación máxima de 3,63 puntos en referencia a la escala hedónica le corresponde “me gusta moderadamente”. El olor agradable o menos agradable de un pan se origina por la actividad enzimática durante el amasado, fermentación y durante el horneado y con ello la reacción de Maillard y de caramelización (Cayot, 2007)⁴¹. Por otro lado, el sabor de los panes no muestra diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre las formulaciones, y esto concuerda con la valoración promedio alcanzados (3,05 a 3,37 puntos, sobre una valoración de 5 puntos).

La formulación que presentó mayor aceptación fue HC83 (3,37 de 5 puntos) y es la que presentó un contenido intermedio de harina de cañihua (8,3%) y mayor cantidad de azúcar (7,1%). En cuanto a la apariencia general fue influenciado por los ingredientes empleados y tiempo de horneado, estos factores contribuyen en el efecto final de la apariencia general del pan y, por ende, en las preferencias visuales del consumidor. El análisis estadístico de Friedman correspondiente a la apariencia general muestra que existió diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre las formulaciones. La valoración promedio de los resultados está dentro del rango de 3,23 a 3,61 puntos, sobre una valoración de 5 puntos, calificando a la apariencia general como “me gusta moderadamente”. Para el consumidor las cualidades dominantes de un pan son el sabor y la textura, de allí que se eligió la mejor formulación a la HC83 ya que fue la más valorada para los atributos considerados. Otros estudios donde se han elaborado productos de panificación a base de quinua, arroz, maíz, almidones aptos para personas celiacas reportan la aceptabilidad en un 40% (Del Castillo et al., 2009)³⁴. Para el caso de un pan a base de harina de arroz, almidón de maíz y fécula de yuca con la adición de hidrocoloides y emulsificante, la aceptabilidad fue de 90% (Venegas-Fuentes, 2005)⁴².

Estos panes presentaron contenidos de humedad (entre 26,79 y 33,96 g/100 g), de carbohidratos (entre 80,58 y 93,43 g/100 g), pero menor contenido de proteínas (entre 0,82 y 3,07 g/100 g), de grasas (entre 3,15 y 4,75 g/100 g); y similares contenidos de cenizas (entre 1,44 y 2,34 g/100 g) al pan obtenido en el presente estudio. Asimismo, otros panes elaborados sin gluten a base de harina de quinua 33,04%, almidón de papa 20% y agua en 46,96% presentaron un contenido de humedad (40,78%), proteínas (7,71), grasa (5,65%), fibra bruta (1,04%), cenizas (2,07%) y carbohidratos (43,33%) (Pacheco, 2016)⁴³.

El contenido de gluten en los alimentos varía dependiendo de los elementos que lo componen, y la formulación y procesamiento que sufren durante su elaboración. Dentro de la clasificación de alimentos por el contenido del gluten, el producto elaborado queda por debajo del “punto de corte” establecidos por las normativas recomendadas. De acuerdo con el (CODEX ALIMENTARIUS, Akobeng y Thomas, 2008)^{44,45} el pan de cañihua elaborado se encuentra dentro de la denominación de alimento “exento de gluten” o “libre de gluten”, ya que el contenido de gluten fue de 20 mg/kg.

El pan de cañihua presentó un pH de 6,10 por lo que recibe la denominación de alimento ligeramente ácido, en diversas investigaciones de panes ricos en fibra mostraron valores de pH entre 5 a 6 (Gutiérrez la Torre, 2014)³². Por otro lado, el pan de cañihua cumplió con todos los requisitos microbiológicos establecidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de panificación, galletería y pastelería (Ministerio de Salud, 2010)⁴⁶, demostrando ser un alimento inocuo y

que durante su elaboración se respetaron las más estrictas normas higiénicas y BPM.

CONCLUSIONES

El estudio mostró que la formulación HC83 presentó mayor valoración en los atributos de sabor y prueba de perfil de textura. Ésta formulación contenía harina de cañihua (8,3%), almidón de yuca (15,4%), fécula de maíz (5,9%), azúcar (7,1%), suero de leche (3,6%) y goma xantán (1,2%). El contenido de gluten en el pan de cañihua no superó los 20 ppm. La composición proximal del pan de cañihua mostró un buen perfil nutricional de proteínas (12,63g/100g) y de fibra (4,74g/100g). El pan de cañihua cumplió con todos los parámetros de calidad fisicoquímica y microbiológica. La aceptabilidad sensorial que alcanzó el pan de cañihua fue equivalente a “me gusta mucho” que obtuvo una media de 4,69 sobre una escala hedónica de 5 puntos.

Conflicto de interés. Los autores declaran que no hay conflicto de intereses con respecto a la publicación de este documento.

Agradecimientos. Los autores agradecen a la Universidad San Ignacio de Loyola por el financiamiento parcial y también a la “Casa de Violeta” por permitirnos realizar con sus clientes celíacos la evaluación sensorial del pan de cañihua.

BIBLIOGRAFÍA

- Ramos-Díaz JM, Rinnan Á, Jouppila K. Application of NIR imaging to the study of expanded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa. *LWT-Food Sci Technol* 2019; 102: 8-14.
- Chirinos R, Ochoa K, Aguilar-Gálvez A, Carpentier S, Pedreschi R, Campos D. Obtaining of peptides with antioxidant and antihypertensive properties from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *J Cereal Sci* 2018; 83: 139-146.
- Cañihua. <http://www.minagri.gob.pe/portal/444-granos-andinos/9379-canihua> (23 enero de 2019).
- Moreno ML, Comino I, Sousa C. Alternative Grains as Potential Raw Material for Gluten-Free Food Development in The Diet of Celiac and Gluten-Sensitive Patients. *Austin J Nutri Food Sci*. 2014; 2(3): 1016.
- Rai S, Kaur A, Chopra CS. Gluten-free products for celiac susceptible people. *Front Nutr* 2018; 5: 116.
- Ranilla LG, Apostolidis E, Genovese MI, Lajolo FM, Shetty K. Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. *J Med Food* 2009; 12(4): 704-713.
- Czaja-Bulsa G, Bulsa, M. What do we know now about IgE-mediated wheat allergy in children?. *Nutrients* 2017; 9(1): 35.
- Casella G, Villanacci V, Di Bella C, Bassotti G, Bold J, Rostami K. Non-celiac gluten sensitivity and diagnostic challenges. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench* 2018; 11(3): 197-202.
- Blanco CA, Ronda F, Perez B, Pando V. Improving gluten-free bread quality by enrichment with acidic food additives. *Food Chem* 2011; 127(3): 1204-1209.
- Ozturk OK, Mert B. The effects of microfluidization on rheological and textural properties of gluten-free corn breads. *Food Res Int* 2018; 105: 782-792.
- Rostami Nejad M, Karkhane M, Marzban A, Nazemalhosseini Mojarad E, Rostami K. Gluten related disorders. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench* 2012; 5(Suppl. 1): S1-S7.
- Jnawali P, Kumar V, Tanwar B. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Sci Hum Wellness* 2016; 5(4): 169-176.
- Žilić S, Barać M, Pešić M, Dodig D, Ignjatović-Micić D. Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. *Int J Mol Sci* 2011; 12(9): 5878-5894.
- Wang K, Lu F, Li Z, Zhao L, Han C. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: a review. *Food Sci Technol Campinas* 2017; 37(supl.1): 1-9.
- Breshears KL, Crowe KM. Sensory and textural evaluation of gluten-free bread substituted with amaranth and montina™ flour. *J Food Res* 2013; 2(4): 1-10.
- Yalçın E, Çelik S, Köksel H. Chemical and sensory properties of new gluten-free products. Rice and corn tarhana. *Food Sci Biotechnol* 2008; 17: 728-733.
- Pontual I, Amaral GV, Esmerino EA, Pimentel TC, Freitas MQ, Fukuda RK, Sant'Ana IL, Silva LG, Cruz AG. Assessing consumer expectations about pizza: A study on celiac and non-celiac individuals using the word association technique. *Food Res Int* 2017; 94: 1-5.
- Turkut GM, Cakmak H, Kumcuoglu S, Tavman S. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *J Cereal Sci* 2016; 69: 174-181.
- FMCC, Global bread and bakery consumption continues to experience modest growth. (Online). Consulted, January 21, 2019, <https://www.bizcommunity.com/Article/1/162/176273.html>
- STATISTA, Per capita consumption of bread in selected countries in Latin America in 2017 (in kilograms). Consulted, January 21, 2019, <https://www.statista.com/statistics/802811/per-capita-bread-consumption-latam/>
- El Comercio, Perú es el séptimo consumidor de pan en América Latina. Consulted, January 21, 2019, <https://elcomercio.pe/economia/peru/peru-septimo-consumidor-pan-america-latina-176595>.
- Parada A, Araya M. History of gluten and its effects on celiac disease. *Rev Méd Chile* 2010; 138(10): 1319-1325.
- AOAC, Official methods of analysis, 19th ed. Association of Official Analytical Chemists, 2012.
- AOAC, Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, 2002.
- Huang W, Kim Y, Li X, Rayas-Duarte P. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. *J Cereal Sci* 2008; 48(3): 639- 646.
- López LB, Dyrer LM, Vidueiros SM, Pallaro A, Valencia ME. Gliadins determination in food elaborated with amaranth, quinoa and/or chia. *Rev Chil Nutr* 2010; 37(1): 80-86.
- Anzaldúa-Morales A. The sensory evaluation of food in theory and in practice. Editorial Acribia, Zaragoza, Spain, 1994.
- Watts B, Yilmakci G, Jeffry L, Elías, L. Basic sensory methods for food evaluation. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1989.
- Civille G, Szczesniak A. Guidelines to training a texture profile panel. *J Texture Stud* 1973; 4(2): 204-223.
- Sabanis D, Lebesi D, Tzia C. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT-Food Sci Technol* 2009; 42(8): 1380-1389.
- Houben A, Höchstätter A, Becker T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *Eur Food Res Technol* 2012; 235(2): 195-208.

32. Gutiérrez La Torre E. Preparation of breads with dietary fiber by adding apple bagasse (*Malus domestica*) and tangerine (*Citrus reticulata*) powder. [Thesis for: BSc.]: Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru, 2014.
33. Preichardt LD, Vendruscolo CT, Cularte MA, Moreira ADS. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. *Int J Food Sci Technol* 2011; 46(12): 2591-2597.
34. Del Castillo V, Lescano G, Armada M. Foods formulation for people with celiac disease based on quinoa (*Chenopodium quinoa*), cereal flours and starches mixtures. *Arch Latinoam Nutr* 2009; 59(3): 332-336.
35. Eggleston G, Omoaka P, Oihedioha D. Development and evaluation of products from cassava flour as new alternatives to wheaten breads. *J Sci Food Agric* 1992; 59(3): 377-385.
36. Różyło R, Hassoon WH, Gawlik-Dziki U, Siastała M, Dziki D. Study on the physical and antioxidant properties of gluten-free bread with Brown algae. *CYTA-J Food* 2017; 15(2): 196-203.
37. Pagliarini E, Laureati M, Lavelli V. Sensory evaluation of gluten free-breads assessed by a trained panel of celiac assessors. *Eur Food Res Technol* 2010; 230(1): 37-46.
38. E, Kunkel A, Gormley T, Arendt E. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *Eur J Food Res* 2003; 218(1): 44-48.
39. Toaquiza A. Evaluation of the effect of enzymes (glyco-oxidases and hemicellulases) and emulsifier (sodium stearylactylate) on the quality of bread made with partial substitution of national wheat flour (*Triticum vulgare*) variety Cojitambo. (Thesis for: BSc.): Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador, 2011.
40. Wong X. Utilization of xanthan gum and distilled monoglyceride to improve the texture of bread made from cassava starch (*Manihot esculenta*). (Thesis for: BSc.): Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador, 2012.
41. Cayot N. Sensory quality of traditional foods. *Food Chem* 2007; 102(2): 445-453.
42. Venegas-Fuentes P.I. Development and optimization of a gluten-free bread formulation for celiacs. [Thesis for: BSc.]: Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador, 2012.
43. Pacheco A. Preparation of gluten-free breads using quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd) and potato starch (*Solanum tuberosum*). (Thesis for: BSc.): Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru, 2016.
44. Codex Alimentarius. Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten. http://www.fao.org/input/download/standards/291/CXS_118e_2015.pdf. 2008.
45. Akoben A, Thomas A. Systematic review: Tolerable amount of gluten for people with coeliac disease. *Aliment Pharmacol Ther* 2008; 27(11): 1044-1052.
46. Ministerio de Salud. Sanitary norm for the manufacture, elaboration and sale of bakery, biscuit and pastry products. RM N° 1020-2010/MINSA. Lima, Perú. 2010.