

Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde enriquecido con Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Physicochemical and sensory characteristics of bread leaf enriched with Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) and Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Ruth Esther Chamorro–Gómez^a rchamorro@unheval.edu.pe; Dani Abad–Villar^a 2015150026@unheval.edu.pe;
Ángel David Natividad–Bardales^a davidnatividad@unheval.edu.pe; Roger Estacio–Laguna^a rogerestacio@unheval.edu.pe;
Geaninne Ríos–García^a grios@unheval.edu.pe; Sergio Grimaldo Muñoz–Garay^a sergiomuñoz@unheval.edu.pe;
Rubén Max Rojas–Portal^a rubenrojas@unheval.edu.pe; César Robert Cueto–Rosales^a ccueto@unheval.edu.pe;
Juan Edson Villanueva–Tiburcio^a juanedvi@unheval.edu.pe

^aUniversidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco – Perú. Facultad de Ciencias Agrarias. Ingeniería Agroindustrial.

Recibido: 15/09/2023 Aceptado: 04/12/2023

Citar, APA: Chamorro–Gómez, R. E., Abad–Villar, D., Natividad–Bardales, A. D., Estacio–Laguna, R., Ríos–García, G., Muñoz–Garay, S. G., Rojas–Portal, R. M., Cueto–Rosales, C. R., y Villanueva–Tiburcio, J. E. (2023). Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde enriquecido con Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10 (2), 102–116. <https://doi.org/10.23850/24220582.5943>

Resumen El pan es un alimento de consumo masivo, que tiene como ingrediente básico al trigo; existen diversas formulaciones en la que incluyen harina de distintas fuentes de cereales. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde. La elaboración del pan de molde se desarrolló con el método de masa directa; la mezcla se realizó con diseño de mezclas simples y se seleccionaron solo las tres formulaciones con los contenidos más altos de proteínas, F₁ (trigo, Kiwicha, Cañihua: 73 %, 17 %, 10 %); F₂ (trigo, Kiwicha, Cañihua: 73 %, 20 %, 7 %) y F₃ (trigo, Kiwicha, Cañihua: 70 %, 20 %, 10 %); se consideró como control F₀: pan de molde elaborado con 100 % de harina de trigo. Las características fisicoquímicas se analizaron mediante diseño completo al azar (DCA), con prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) y las propiedades sensoriales se analizaron con la prueba de Friedman ($p \leq 0,05$). Los resultados mostraron que las características fisicoquímicas fueron diferentes ($p \leq 0,05$), a excepción del pH y acidez titulable. La formulación F₃, reportó menor contenido de alanina y mayor cantidad leucina con 0,10 a 1,79 g de aminoácido (AA) por 100 g de proteína pura, determinada en (g/100 g de muestra original y factor 6,25), respectivamente. En la corteza de pan, el análisis de color L* fue mayor en la formulación F₃ (50,0) ($p \leq 0,05$) mientras que las otras formulaciones variaron F₁ y F₂. Sensorialmente, el tratamiento F₀ tuvo mayor aceptabilidad, sin embargo, en los panes elaborados (F₁, F₂ y F₃) se destaca el contenido de hierro, aminoácidos y macronutrientes. Se concluye que los panes elaborados con adición de Kiwicha y Cañihua a la formulación de la harina son una buena fuente de proteínas, hierro y aminoácidos.

Palabras clave: aminoácidos esenciales, color, granos andinos, hierro, proteína.

Abstract Bread is a widely consumed food, which has wheat as its basic ingredient; there are various formulations that include flour from different cereal sources. The objective of the research was to evaluate the effect of including Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) and Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) on the physicochemical and sensory characteristics of bread leaf. The preparation of bread leaf was developed with the direct dough method; the mixture was carried out with a simple mixture design and only the three formulations with the highest protein contents were selected., F₁(trigo, Kiwicha, Cañihua: 73 %, 17 %, 10 %); F₂ (wheat, Kiwicha, Cañihua: 73 %, 20 %, 7 %) and F₃ (wheat, Kiwicha, Cañihua: 70 %, 20 %, 10%); F₀ was considered as control: bread leaf made with 100% wheat flour. The physicochemical characteristics were analyzed using a complete randomized design (RCD), with Tukey's test ($p \leq 0,05$) and sensory properties with Friedman's test ($p \leq 0,05$). The results showed that the physicochemical characteristics were different ($p \leq 0,05$) except for pH and titratable acids. The F₃ formulation reported lower alanine content and higher leucine content with 0,10 to 1,79 g of amino acid (AA) per 100 g of protein pure, determined in (g/100 g of original sample and factor 6,25), respectively. In the bread crust, the L* color analysis was higher in formulation F₃ (50,0) ($p \leq 0,05$) while the other formulations F₁ and F₂ varied. Sensorily, the F₀ treatment had greater acceptability, however, in the prepared breads (F₁, F₂ and F₃) the content of iron, amino acids and macronutrients stands out. It is concluded that breads made with the addition of Kiwicha and Cañihua to the flour formulation are a good source of proteins, iron, and amino acids.

Keywords: andean grains, color, essential amino acids, iron, protein.

Introducción

El pan o *pannus* (masa blanca), es un alimento elemental y tradicional que se consume a nivel mundial (Shin *et al.*, 2013), caracterizado por acompañar las meriendas o desayunos como el tradicional café con pan (Perez-Leon *et al.*, 2018) y a nivel de Latinoamérica, en países como Perú su consumo promedio suele ser de siete panes por día (La República, 2022). El pan, generalmente se prepara con harina de trigo, agua, levadura, manteca, sal, entre otros (Gomes *et al.*, 2013), siendo la harina de trigo refinada la materia prima más utilizada para recrear este producto, sin embargo, esta harina posee un bajo nivel de aminoácidos esenciales como: la lisina, treonina, contenido de fibra y hierro. En consecuencia, la deficiencia de estos bioelementos suele estar relacionada con la desnutrición a nivel poblacional (Reyes *et al.*, 2019). Adicionalmente, se ha reportado que los componentes nutricionales del pan de molde son menores frente al pan elaborado con harina integral (Calvo-Carrillo *et al.*, 2020).

Diversos estudios en elaboración de panes se centran en el efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina obtenida a partir de granos andinos y harina integral, la interacción de algunos parámetros de producción del pan, y el análisis de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas (Gostin, 2019; Reyes-Aguilar *et al.*, 2004), parámetros como tiempo y temperatura de fermentación (Alshehry *et al.*, 2022), horneado (Montevecchi *et al.*, 2022), digestibilidad (Xu *et al.*, 2019), entre otros. También, se han investigado el contenido de aminoácidos en panes elaborados con leguminosas (Perez-Moral *et al.*, 2023).

Actualmente, se emplean diversas herramientas tecnológicas para formular panes que implementan un diseño de mezclas soportado por el uso de software informáticos

(Ammar *et al.*, 2022). Respecto a la adición de Kiwicha y Cañihua para fabricar panes son pocos los referentes, siendo (Pascual & Zapata, 2010), pioneros en la elaboración de panes utilizando Kiwicha de 11 y 15 %, mientras que Zegarra *et al.* (2019) formularon panes usando proporciones de Cañihua al 7,6 %; 9,5 % y 8,3 %. La adición de granos andinos, contribuye a la aceptación del consumo de panes en personas celiacas (Martínez-Villaluenga *et al.*, 2020).

Los granos andinos poseen alta calidad nutritiva, por ello, es necesario investigar sobre sus aportes nutricionales, proteicos, aminoacídicos y sensoriales, que se obtienen al sustituir parcialmente la harina de trigo por la harina Kiwicha y Cañihua y así proporcionar una base científica dirigida a la formulación de nuevos productos de panadería con las características de alimentos alternativos considerados sanos y saludables (Cerezal-Mezquita *et al.*, 2007; Zegarra *et al.*, 2019). Desde hace algunos años, se han venido desarrollando investigaciones enfocadas en la adición de pseudocereales en alimentos industriales por ejemplo, en pan, pasta/fideos, galletas, bizcochos, pasteles, galletas saladas, panqueques y gofres, entre otros productos (Haros & Sanz-Penella, 2017), por lo cual, el objetivo del presente estudio se enfocó evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde enriquecido con harina de Kiwicha y Cañihua.

Materiales y Métodos

Obtención de Muestras

La obtención de la harina de fuerza o harina de trigo común (*Triticum aestivum* L.), marca “Blanca nieve” se adquirió en el mercado local de la ciudad de Huánuco, de igual manera, la harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Allen), e insumos (Tabla 1), fueron adquiridos en el Mercado Nuevo de la ciudad de Huánuco. Las

respectivas muestras, fueron embaladas en bolsas de polietileno a temperatura ambiente, para luego ser trasladadas a las instalaciones de la planta de procesamiento de pan.

Procedimiento para la elaboración de pan de molde

La elaboración de pan de molde se realizó por el método de masa directa, y con la combinación de los ingredientes se obtuvieron tres formulaciones diferentes y un tratamiento control (Tabla 1).

Durante el proceso de elaboración de panes de molde, se empleó la metodología de Reyes-Aguilar *et al.* (2004), para obtener 10 kg de masa por cada formulación. De esta manera, se diluyeron 300 g levadura fresca (Fleischmann®) en 6 L de agua fría con 800

g de azúcar rubia doméstica (Anduasi®) hasta obtener una masa homogénea, inmediatamente se incorporaron 200 g de sal yodada (Mi purita®), 600 g de manteca (Manpan®), 20 g de esencia de vainilla Umsha®), 200 g de leche en polvo, 50 g de mejorador (Starpan®) y 30 g de antimoho (puratos). Seguidamente, la mezcla se amasó por 30 min hasta obtener una masa lisa y elástica, la cual se dejó reposar 20 min; a continuación, se llevó a cabo el boleado de la masa para eliminar el aire por periodo de 8 min. Finalmente, a la masa se le dio forma alargada y rectangular con un peso de 900 g para introducirla al molde, dejándola reposar por 30 min. El horneado del pan se realizó por un tiempo de cocción de 30 min a 180 °C. Culminado este tiempo, se retiraron las tapas de los moldes dejándose enfriar por 5 min. Los panes obtenidos, se enfriaron individualmente por 90 min y se procedió a su embalaje y almacenamiento, conservándose a temperatura ambiente hasta realizar los respectivos análisis.

Tabla 1

Formulación y lista de ingredientes para la elaboración de panes enriquecidos con Kiwicha y Cañihua.

| Formulación | Ingredientes en la formulación de pan |
|---|---|
| F ₀ : 100 % de harina de trigo | 6 L de agua fría 300 g levadura fresca (Fleischmann®) |
| F ₁ : 73 % de trigo, 17% de Kiwicha y 10 % de Cañihua | 800 g azúcar rubia doméstica (Andahuasi®) 200 g de sal yodada (Mi purita®) |
| F ₂ : 73 % de trigo, 20% de Kiwicha y 7 % Cañihua | 600 g de manteca (Manpan®) 20 g de esencia de vainilla Umsha®) |
| F ₃ : 70 % de trigo, 20% de Kiwicha, y 10 % de Cañihua | 200 g de leche en polvo 50 g de mejorador (Starpan®) 30 g de antimoho (puratos) |

Análisis fisicoquímicos

La determinación de la humedad, ceniza, fibra cruda, proteínas, grasas, carbohidratos, hierro, pH y acidez titulable se realizaron según normativa de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2023). Para los análisis de color se usó un colorímetro Konica Minolta (Rodríguez *et al.*, 2018), y se midieron las variables L*, a*, b*, C*, h* y ΔE, por lo cual,

se comparó el color de los tratamientos con el control (F₀), este último constituido por harina de trigo al 100%.

Perfil de aminoácidos

Este análisis se realizó únicamente a la formulación F₃, por tener el mayor contenido de proteínas, se utilizó un Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiencia (HPLC) modelo Chromaster,

marca Hitachi, Praga-República Checa. Con detector de arreglo de diodos, modelo DAD - 5430. Horno modelo, Column Oven - 5310. Automuestreador, modelo autosampler - 5260, bomba modelo Pump - 5160. Columna Purospher STAR-RP 18 endcapped (5µm) LichroCart 250 - 4.6. (Marca Merck) (Analytical Biochemistry, 2023; AOAC, 2023).

Las muestras de pan fueron homogeneizadas con 0,01 N de HCL y centrifugado a 4 °C y 10000 rpm por 20 min, los sobrenadantes fueron filtrados con membrana de 0,45 µm (Igual *et al.*, 2021). La fase móvil fue desarrollada con acetato de sodio 70 mM a pH 6,55 que contenía 2,5 % de acetonitrilo y agua-acetonitrilo-metanol, 40:45:15 (v/v/v), el flujo fue 1 mL/min (Flores *et al.*, 2006). Las muestras se desproteinizaron en

300 µL más 50 µL de una solución de estándar interno (alfa-aminobutírico, 2,5 mM) con 875 µL de acetonitrilo. Los 300 µL del sobrenadante se derivatizaron (Bidlemeier *et al.*, 1987). Las muestras derivatizadas se analizaron a 254 nm, la separación se logró en 65 min a 52 °C.

Evaluación sensorial.

Los panes de molde se trozaron y se presentaron en un platillo de color blanco rotulado aleatoriamente, con suministro de un vaso con agua y se concedieron cuestionarios a 30 jueces semi-entrenados, consumidores habituales de pan. Se evaluaron las variables de color, olor, sabor y aspecto general, aplicando una escala hedónica de 5 puntos; 1= disgusta mucho, 2= disgusta, 3 = ni gusta ni disgusta, 4 = gusta y 5 = gusta mucho (Anzaldúa-Morales, 1994).

Tabla 2

Formulaciones resultantes del diseño de mezclas para la elaboración de panes.

| Repeticiones | Trigo (%) | Proteína de trigo (%) | Kiwicha (%) | Proteína de Kiwicha (%) | Cañihua (%) | Proteína de Cañihua | Proteína total (%) |
|--------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 73 | 10,7 | 17 | 12,9 | 10 | 15 | 11,51 |
| 2 | 80 | 10,7 | 13 | 12,9 | 7 | 15 | 11,29 |
| 3 | 77 | 10,7 | 18 | 12,9 | 5 | 15 | 11,31 |
| 4 | 80 | 10,7 | 13 | 12,9 | 7 | 15 | 11,29 |
| 5 | 78 | 10,7 | 15 | 12,9 | 7 | 15 | 11,34 |
| 6 | 75 | 10,7 | 15 | 12,9 | 9 | 15 | 11,43 |
| 7 | 75 | 10,7 | 20 | 12,9 | 5 | 15 | 11,36 |
| 8 | 75 | 10,7 | 15 | 12,9 | 9 | 15 | 11,43 |
| 9 | 80 | 10,7 | 15 | 12,9 | 5 | 15 | 11,25 |
| 10 | 75 | 10,7 | 18 | 12,9 | 7 | 15 | 11,40 |
| 11 | 73 | 10,7 | 20 | 12,9 | 7 | 15 | 11,45 |
| 12 | 80 | 10,7 | 10 | 12,9 | 10 | 15 | 11,35 |
| 13 | 70 | 10,7 | 20 | 12,9 | 10 | 15 | 11,57 |
| 14 | 80 | 10,7 | 10 | 12,9 | 10 | 15 | 11,35 |
| 15 | 75 | 10,7 | 15 | 12,9 | 9 | 15 | 11,43 |
| 16 | 73 | 10,7 | 20 | 12,9 | 7 | 15 | 11,44 |

Nota. Se destacan en negrilla, las formulaciones que presentaron los mayores porcentajes de proteína total.

Diseño experimental

Para las formulaciones de los panes, se utilizó el diseño de mezclas simplex para tres componentes y se empleó software Design-Expert ® (Cornell, 2011; Vidaurre-Ruiz *et al.*,

2022; Yilmaz *et al.*, 2015), se establecieron contenidos de trigo de 70 % a 80 %, Kiwicha de 10 % a 20 % y Cañihua de 5 % a 10 %, con 15 repeticiones (Tabla 2). Se seleccionaron las tres formulaciones que presentaron mayor contenido de proteínas (11,51 para F₁; 11,45 para

F₂ y 11,57 % para F₃) en la superficie de respuesta y correspondieron a F₁: 73 % de trigo, 17 % de Kiwicha y 10 % de Cañihua; F₂: 73 % de trigo, 20 % de Kiwicha y 70 % de Cañihua y F₃: 70 % de trigo, 20 % de Kiwicha, y 10 % Cañihua y se empleó para control (F₀): 100% de harina de trigo (Pascual & Zapata, 2010; Zegarra *et al.*, 2019).

Análisis estadístico

El estudio de las variables fisicoquímicas y sensoriales en los panes, se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA, y los resultados se reportaron como valores de media \pm desviación estándar. La estimación de las diferencias estadísticas entre formulaciones se realizó empleando la prueba de Tukey, para las características sensoriales se usó la prueba no paramétrica de Friedman ($p \leq 0,05$) (Rodríguez *et al.*, 2018). Los resultados se analizaron con el software Minitab V26 (versión DEMO).

Resultados y Discusión

Formulación y elaboración del pan de molde

La evaluación de las características fisicoquímicas en la formulación de panes, en la cuantificación de proteína en muestras de trigo Kiwicha y Cañihua, arrojó valores iguales a 10,7; 12,9 y 15 g/100 g de muestra respectivamente ($p \leq 0,05$). Estos valores de proteínas fueron positivos en esta investigación ya que las harinas de trigo de Kiwicha y Cañihua aportaron contenido de proteína significativo, de las cuales, la mejor formulación correspondió al tratamiento con mayor contenido proteico o tratamiento (F₃). Este resultado es de vital importancia ya que el pan constituye uno de los alimentos básicos más importantes de la dieta humana, siendo una buena fuente de macronutrientes en hidratos de carbono, proteínas y micronutrientes como vitaminas y minerales (Tsanasidou *et al.*, 2021).

De igual manera, en investigaciones realizadas en México, evaluando 150 muestras de trigo reportaron de 7,4 a 14 % de contenido proteico, de los cuales el valor promedio para esta variable fue de 10,53 % (Cervantes *et al.*, 2002). Comparando este resultado, con el valor promedio del contenido proteínico en los granos de trigo en el presente experimento se obtuvo un porcentaje cercano igual al 10,7 % de proteína. Generalmente, los rangos de variación de proteína en el trigo para panificación están influenciados predominantemente por los antecedentes genéticos de las variedades (Alemu *et al.*, 2021). En un estudio realizado por Chamorro *et al.* (2018), se reportó que el contenido de proteína en Kiwicha presento rangos de 14,13 a 16,59 %, aunque Trino *et al.* (2017), reportaron 11,4 %.

En la presente investigación, los granos de Kiwicha empleados para el enriquecimiento de panes reportaron un contenido de 12,9 % de proteína, gracias a este resultado es posible indicar que la Kiwicha tiene un uso prometedor en la elaboración de pan, además de caracterizarse por su alta solubilidad y digestibilidad de proteínas (Burgos *et al.*, 2021; Sanz-Penella *et al.*, 2013). Por otra parte, la Kiwicha a diferencia del trigo, el arroz y la avena, no contiene gluten y en cambio presenta un 30 % más de proteínas con un conjunto completo de aminoácidos, lo que ofrece nuevas posibilidades para el procesamiento de alimentos antihiperlipidémicos y antihipercolesterolémicos, por tanto, podría estar asociada con la promoción en el cuidado de la salud y la prevención de enfermedades (Martinez-Lopez *et al.*, 2020).

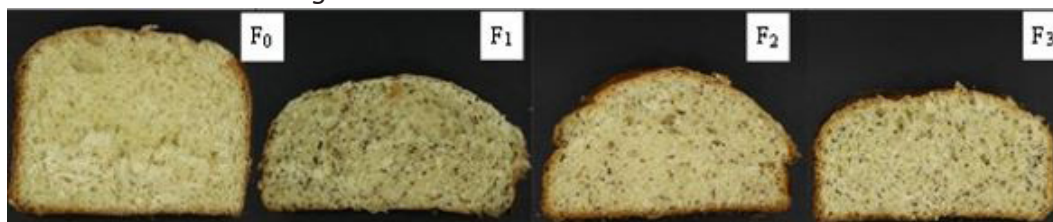
Respecto a la Cañihua del altiplano peruano se sabe que su grano presenta entre un 15 a 18 % de proteína (Mangelson *et al.*, 2019), lo cual se corrobora en la presente investigación, donde se obtuvo 15 % de proteína en el grano de cañihua.

Analizando el contenido de proteína evidenciado en las mezclas de pan analizadas, se encontró que la harina de Cañihua tuvo efecto creciente en el contenido de proteínas, esto podría estar relacionado con el perfil nutricional único del grano, que presenta con un conjunto completo de aminoácidos esenciales, incluyendo la lisina en un porcentaje de 5 a 6 % aminoácido que suele ser limitante en los cultivos de cereales monocotiledóneas (Mangelson *et al.*, 2019).

A partir del procesamiento de datos, se seleccionaron las tres formulaciones que presentaron mayor contenido de proteínas: (F_1 - 11,51 %), (F_2 - 11,45 %) y (F_3 - 11,57 %), derivando a las siguientes formulaciones: control o F_0 : 100 % de harina de trigo; F_1 : 73 % de trigo, 17% de Kiwicha y 10 % de Cañihua; F_2 : 73% de trigo, 20% de Kiwicha y 7% Cañihua y F_3 : 70% de trigo, 20% de Kiwicha, y 10% de Cañihua (**Figura 1**)

Figura 1

Corte transversal de los diferentes tratamientos (F_0 , F_1 , F_2 , F_3) de panes de molde, elaborados en la investigación



Análisis fisicoquímicos

El aporte de energía total de los panes de molde elaborados según las cuatro formulaciones seleccionadas (F_0 , F_1 , F_2 y F_3), arrojó valores respectivos de 261,1; 282,7; 273,4 y 275,2 (Kcal/100 g de muestra original). Adicionalmente, de estas formulaciones es posible indicar aportes energéticos, distribuidos de la siguiente manera: 82,3; 80,7; 80,6 y 77,3 % de Kcal provenían de los carbohidratos. El 3,8; 7,3; 5,9 y 6,5 % de Kcal provenían de la grasa y el 13,9; 12,0; 13,5 y 16,2 % de Kcal derivaban de las proteínas, respectivamente.

Entre las formulaciones evaluadas, los resultados en el contenido de cenizas, pH y acidez titulable de F_1 , F_2 y F_3 , no arrojaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$), de igual manera no se obtuvo diferencia estadística ($p < 0,05$) evaluando los componentes de carbohidratos, grasa, humedad, proteína, fibra cruda y hierro (**Tabla 3**). El contenido de humedad varió de $31,07 \pm 0,06$ % a $32,64 \pm 0,15$ %, siendo menor al rango de humedad (del 38 a 41 %) reportado por

Sanz-Penella *et al.* (2013). Es posible que el bajo contenido de humedad indicado en nuestras formulaciones, esté relacionado con la presencia de algunos ingredientes usados como: la sal, el antimoho y el mejorador, que se adicionaron con el fin de aumentar la vida útil del pan de molde. Destacamos de manera particular la adición de sal, la cual se sabe reduce la humedad debido a la interacción química con las moléculas de agua provocando que estas últimas queden atrapadas por acción del disolvente en la red iónica, durante el proceso de amasado para la elaboración del pan (Barroca *et al.*, 2023).

La adición de los ingredientes mencionados (sal, antimoho y mejorador) es necesaria en la elaboración de mezclas de pan, debido a que este es susceptible al crecimiento de mohos cuando se almacena a temperatura ambiente por su alto contenido de humedad (alrededor del 40 %) y actividad del agua (alrededor de 0,94 a 0,97). El pan generalmente tiene una vida útil corta (normalmente de 3 a 7 días), pero a menor contenido de humedad tendrá mayor durabilidad (Tsanasidou *et al.*, 2021).

Tabla 3

Resultados de los análisis fisicoquímicos en panes de molde sustituidos con harina de Kiwicha y Cañihua

| Análisis | Tratamientos | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | F ₀ | F ₁ | F ₂ | F ₃ |
| Carbohidratos* | 54,05 ± 0,01a | 51,80 ± 0,16b | 53,39 ± 0,00c | 51,45 ± 0,07c |
| Grasa * | 1,09 ± 0,00d | 2,30 ± 0,011a | 1,80 ± 0,00c | 1,99 ± 0,01b |
| Humedad * | 33,08 ± 0,01a | 32,64 ± 0,15b | 31,26 ± 0,01c | 31,07 ± 0,06c |
| Proteína * | 8,51 ± 0,02d | 9,09 ± 0,01c | 9,18 ± 0,01b | 11,12 ± 0,01a |
| Ceniza * | 1,98 ± 0,00b | 2,58 ± 0,03a | 2,55 ± 0,02a | 2,58 ± 0,02a |
| Fibra cruda * | 1,30 ± 0,00c | 1,61 ± 0,01b | 1,83 ± 0,02a | 1,80 ± 0,04a |
| Hierro ** | 12,34 ± 0,04d | 41,12 ± 0,04c | 41,33 ± 0,02b | 41,87 ± 0,03a |
| pH (20 °C) | 5,88 ± 0,01a | 5,89 ± 0,01a | 5,89 ± 0,01a | 5,89 ± 0,01a |
| Acidez titulable (% ácido sulfúrico) | 0,10 ± 0,01a | 0,11 ± 0,01a | 0,11 ± 0,01a | 0,11 ± 0,01a |

Nota. *En g/100 g, **ppm. Diferentes letras en superíndice en cada fila indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Tratamientos: trigo, Kiwicha y Cañihua (F₁: 73 %, 17 %, 10 %; F₂: 73 %, 20 %, 7 %; F₃: 70 %, 20 %, 10 %).

El contenido de macronutrientes como la fibra, grasa, ceniza y proteína se incrementó significativamente en los panes de molde formulados con la mezcla de harina de Kiwicha y Cañihua, este incremento podría deberse a la composición proximal de los granos de kiwicha alta en fibra (3,60 a 4,59 g/100 g), grasa (8,08 a 9,50 g/100 g), ceniza (2,39 a 2,83 g/100 g) y proteína (13,1 a 15,4 g/100 g) (Mérida-López *et al.*, 2023a). Por su parte, la Cañihua, aportó valores más altos respecto a la fibra (7,19 a 8,40 g/100 g), grasa (9,10 a 10,32 g/100 g), ceniza (2,42 a 5,12 g/100 g) y proteína (13,92 a 19,56 g/100 g), en este sentido este pseudocereal ha sido destacado por presentar mayor contenido de nutrientes que *Chenopodium quinoa* (Mérida-López *et al.*, 2023b). Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Banerji *et al.* (2018); Miranda-Ramos *et al.* (2019) y Zegarra *et al.* (2019), quienes señalan el incremento de la fibra, grasa, ceniza y proteína en pan de molde se debe principalmente a la presencia de Kiwicha y Cañihua.

El tratamiento F₁, presentó mayor contenido de grasa (2,30 %), en comparación con las otras formulaciones (1,80 a 1,99 %), esto podría deberse a la cantidad de lípidos añadidos a las

harinas de trigo no convencionales, los cuales fueron aportados por la Kichicha y la Cañihua sin desconocer el aporte efectuado por la manteca vegetal añadida en la masa (Pareyt *et al.*, 2011). Resultados similares, fueron reportados por Sanz-Penella *et al.* (2013).

El mayor contenido en fibra cruda se dio en los tratamientos F₂ y F₃ (1,80 a 1,83 %), siendo inferiores a los porcentajes reportados (11 a 12 %) por Alshehry *et al.* (2022), sin embargo, si se han reportado contenidos de fibra inferiores a 0,1 a 0,5 % en panes de trigo sustituidos con harina de Kiwicha (0 a 20 %) (Pascual & Zapata, 2010). La formulación sin granos andinos (control), presentó mayor contenido de humedad (33,08 %) y menor contenido de grasa (1,09 %), cenizas (1,98 %), proteína (8,51 %), fibra cruda (1,30 %) y hierro (12,34 ppm), en comparación con los tratamientos F₁ y F₃.

Referente al contenido de proteína obtenido en la formulación F₃, que fue igual a 11,12 el incremento estaría relacionado con el aporte proteico que ejercen las mezclas de las harinas de trigo, Kiwicha y Cañihua, las cuales proporcionan alternativas saludables y beneficios para la salud

de los consumidores y mejores propiedades químicas, físicas y funcionales del pan (Prieto-Vázquez *et al.*, 2022).

En pan elaborado con 100% de harina de trigo, se obtuvo 8,51 % de proteína lo cual es estadísticamente inferior a las demás formulaciones que alcanzaron porcentajes de 9,09 % y 11,12 %, estos valores difieren con diversas investigaciones que han reportado 14% contenido proteico (Dyner *et al.*, 2007; Gostin, 2019; Sanz-Penella *et al.*, 2013) y valores de 8 a 9,7 % en panes formulados con harina de Kiwicha (Pascual & Zapata, 2010). La variación en los contenidos de proteínas en las mezclas podría deberse a la variabilidad genética de las diferentes especies (Partida *et al.*, 2007).

Nótese que el contenido de hierro se incrementó en F₁, F₂ y F₃ (pasando de 41,22 a 41,87 ppm) en más de 340 % respecto al control (12,32 ppm). Estos valores son muy prometedores para la industria panadera, ya que se reporta que el consumo de hierro previene la anemia (Salas *et al.*, 1990). Si comparamos estos porcentajes con lo reportado por Dyner *et al.* (2007), quienes evaluaron la presencia del hierro en panes enriquecidos con 20 % de harina de kiwicha, los contenidos fueron menores a 1,4 ppm a 5,5 ppm. Menores valores reportaron Miranda-Ramos *et al.* (2019) con 32 ppm en panes sustituidos con 25 % de harina de Kiwicha, los contenidos pueden ser menores porque solo enriquecieron con este pseudocereal y no con la combinación de varias especies, como lo realizado en este estudio.

Sanz-Penella *et al.* (2013), reportaron valores similares en el rango de 18,85 a 43,74 ppm, en panes sustituidos con 0 a 40 % de harina de Kiwicha, evidenciando que el aporte proteico fue favorecido por la presencia de semillas de *Amaranthus cruentus*. Valores ligeramente inferiores encontraron Miranda-Ramos *et al.* (2019), con 39 ppm al sustituir 50 % de harina

de Kiwicha, estos contenidos inferiores según los autores se debieron al origen de los granos de *A. hypochondriacus*, que provenían de México. Los pseudocereales, por su constitución, aportan minerales a las diversas formulaciones empleadas en panes (Yeşil & Levent, 2022), y también contribuyen con efectos benéficos a la salud, como la disminución del índice glicémico (Collar *et al.*, 2014).

Respecto al análisis del pH, se encontraron valores en un rango de 5,88 a 5,89 para las cuatro formulaciones de panes, por lo tanto, es posible inferir que los panes elaborados en este estudio son alimentos de baja acidez; además, se encuentran por debajo de un pH de 6,01 dato reportado por Zegarra *et al.*, (2019). Mientras que la acidez titulable estuvo dentro del rango de 0,10 a 0,11 % de ácido sulfúrico, estos valores son inferiores a 0,50 %, el cual se considera como la máxima acidez para panes; la acidez de la masa favorece la formación del gluten y ayuda en la obtención de una masa más extensible además de retrasar el desarrollo de microorganismos (Pascual & Zapata, 2010).

En la **Tabla 4**, se puede observar los valores de color expresados como L*, a*, b*, C*, h° y ΔE evaluados en las formulaciones de panes de molde enriquecidos. Analizando estas variables, se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). En la corteza exterior de los panes, los valores de L* de las tres formulaciones: (F₁, F₂ y F₃) fueron estadísticamente inferiores (43,64 a 39,86) respecto al control (50,03), el mismo comportamiento tuvo la corteza interna del pan. De manera similar se mostraron los valores b*, que indican mayor color amarillento en comparación al control (100 % harina de trigo); los cuales fueron más oscuros y color amarillento en la corteza externa y migas oscuras en la corteza interna (Sanz-Penella *et al.*, 2013). Estos resultados de coloración, estarían influenciados por los compuestos bioactivos de

los pseudocereales (flavonoides, carotenoides, betalaínas y otros) presentes en la cubierta de las semillas (Hidalgo *et al.*, 2017; Repo-Carrasco- *et al.*, 2010). De manera general, es posible indicar

que el color marrón de los panes de molde está influenciado por la reacción de Maillard que se produce entre los azúcares y los aminoácidos durante el proceso de cocción (Alshehry *et al.*, 2022).

Tabla 4

Resultados del análisis de color del pan de molde

| Corteza de pan | T | L* | a* | a* | b* | h° | ΔE |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Corteza externa | F ₀ | 50,03±0,01a | 12,58±0,04c | 26,31±0,04a | 29,14±0,02a | 64,25±0,03a | |
| | F ₁ | 43,64±0,02b | 12,81±0,03b | 24,16±0,02c | 27,36±0,03c | 62,08±0,03c | 6,75±0,03c |
| | F ₂ | 41,82±0,02c | 14,65±0,02a | 24,25±0,02b | 28,32±0,01b | 58,74±0,03d | 8,72±0,02b |
| | F ₃ | 39,86±0,02d | 12,05±0,02d | 23,95±0,01d | 26,76±0,03d | 63,45±0,03b | 10,45±0,02a |
| Corteza interna | F ₀ | 71,25±0,02a | 6,16±0,01a | 21,55±0,02a | 22,45±0,03a | 74,05±0,03d | |
| | F ₁ | 64,84±0,02b | 1,90±0,01b | 14,57±0,01d | 14,63±0,02d | 82,57±0,02c | 10,39±0,03c |
| | F ₂ | 60,56±0,01c | 1,36±0,02d | 15,79±0,01b | 15,86±0,02b | 85,16±0,03a | 13,06±0,03b |
| | F ₃ | 56,27±0,01d | 1,83±0,03c | 15,04±0,03c | 15,25±0,02c | 82,82±0,01b | 16,90±0,04a |

Nota. T: Tratamientos: trigo, Kiwicha y Cañihua (F₁: 7₃ %, 17 %, 10 %; F₂: 7₃ %, 20 %, 7 %; F₃: 7₀ %, 20 %, 10 %). Resultados expresados como promedio ± desviación estándar. Diferentes letras en superíndice de cada columna indican diferencias estadísticas (p < 0,05).

Similares coloraciones en L* se observaron (37,0 a 53,9) en panes con formulaciones de 7,6 a 9,5 % de Cañihua (Zegarra *et al.*, 2019). De forma similar Sanz-Penella *et al.* (2013), reportaron valores de L* (42,7 a 48,7) asociados a la parte superficial y L* (53,0 a 53,5) en la parte interior en pan elaborado con 10 y 40 % de harina de Kiwicha.

Los valores de a*, b* y C* en la corteza superficial, fueron mayores que los valores obtenidos en la porción interior del pan de molde. Se puede ver que existen diferencias estadísticas significantes de la formulación F₀ en cuanto al color en la parte superficial respecto a los tratamientos de F₁ a F₃ en la parte interior del pan. Generalmente, el color intenso del pan de molde depende del contenido de proteínas, aminoácidos, y fibra cruda que aportan los granos andinos, siendo la parte externa de estos granos el lugar donde se concentran los compuestos fenólicos como flavonoides, y betalaínas, que le otorgan coloraciones oscuras al pan (Chamorro *et al.*, 2018).

Perfil de aminoácidos

En la **Tabla 5**, se muestran únicamente los resultados del perfil de aminoácidos de la formulación F₃ (70 % de trigo, 20 % Kiwicha, y 10 % Cañihua), más no de las formulaciones F₀, F₁ y F₂ a las cuales no se les hizo el análisis de perfil de aminoácidos debido al bajo contenido en proteínas que reportaron ubicándose en el rango de (8,5 a 9,18) (AOAC, 2023; Cooper, 2023). En la formulación F₃, se encontraron diecisiete aminoácidos entre ellos destacan la histidina; treonina; valina; metionina; isoleucina; leucina; fenilalanina; lisina y triptófano, por ser aminoácidos esenciales o indispensables ya que el organismo humano no puede sintetizarlos de manera natural (Martínez & Martínez, 2006). Por lo tanto, el pan con esta combinación de harinas, sería una fuente externa de nutrientes que proporcionaría aminoácidos esenciales al consumidor.

En los panes evaluados según las formulaciones (F₀, F₁, F₂ y F₃), los aminoácidos

encontrados fueron: alanina en (0,1 g de AA/100 g) y leucina en (1,79 g de AA/100 g), hecho que es bastante positivo porque convierte a los panes en una fuente de aminoácidos esenciales. Por otra parte, los valores de metionina se encuentran dentro de lo reportado por Diana *et al.* (2014), quienes examinaron el perfil de aminoácidos libres, en once panes comerciales y doce panes artesanales con y sin masa madre de Barcelona (España), los ingredientes fueron harina integral, harina de trigo blanco y harina de soya tostada, encontrando que los panes sin masa madre tenían menos contenido de aminoácidos (de 0,03 de metionina hasta 8,11 de ácido aspártico g/100 g) que los panes con masa madre (de 0,12 de metionina hasta 10,89 de ácido aspártico g/100 g). De manera similar Kowalski *et al.* (2022) encontraron aminoácidos esenciales (0,1672 a 0,7351 g/100 g) y aminoácidos no esenciales (0,1948 a 3,8660 g/100 g) en panes con trigo Cerraceno. Cojovanu *et al.* (2023) indicaron la presencia de solo seis aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, treonina y valina) en pan de trigo, al adicionar 7,89; 9,39 y 9,41% de

harina de kiwicha a la mezcla de pan. Calderón de la Barca *et al.* (2022) reportaron en mezcla para elaborar pan con 30,23 % de harina de kiwicha y camote la presencia de 2,98 g/ 100 g de lisina y 5,42 g/100g de leucina. Por último, Ballester-Sánchez *et al.* (2019), reportaron de 0,7 a 8,9 g/100 g de aminoácidos esenciales en panes enriquecidos con harina de *Chenoposium quinoa* color rojo, blanco y negro.

La elección de los pseudocereales para enriquecer los panes de molde obedeció principalmente a que la Kiwicha contiene mejor score aminoacídico respecto al maíz que va en un rango de (3,5 a 27,3 g por kg) para la metionina vs (1,4 a 14,6 g por kg) de ácido glutámico (Ravindran *et al.*, 1996). Además, porque las personas adultas requieren de 8 a 12 mg/kg de histidina por día, así como 10 mg/kg de isoleucina y valina al día, 12 mg/kg de lisina, 13 mg/kg de metionina más cisteína por día, 14 mg/kg por día de fenilalanina más tirosina, sin dejar de lado el consumo de 7 mg/kg de treonina y 3,5 mg/kg de triptófano por día (Allowances, 1989).

Tabla 5

Contenido de aminoácidos presentes en pan de molde correspondiente al tratamiento F₃

| Aminoácidos* | F ₃ |
|--|----------------|
| Ácido aspártico | 0,33±0,01 |
| Ácido glutámico | 1,60±0,02 |
| Serina | 0,31±0,03 |
| Glicina | 0,22±0,01 |
| Histidina | 0,22±0,01 |
| Treonina | 0,21±0,02 |
| Alanina | 0,10±0,01 |
| Arginina | 0,52±0,01 |
| Prolina | 0,72±0,01 |
| Tirosina | 0,32±0,01 |
| Valina | 0,33±0,01 |
| Metionina | 0,21±0,02 |
| Isoleucina | 0,22±0,02 |
| Leucina | 1,79±0,03 |
| Fenilalanina | 0,52±0,01 |
| Lisina | 0,22±0,01 |
| Triptófano | 0,32±0,01 |
| Proteína (g/100 g de muestra original) | 8,5±0,00 |

Nota. *g de AA/100 g de proteína pura. F₃: empleando Trigo, Kiwicha y Cañihua (70 %, 20 %, 10 %), respectivamente.

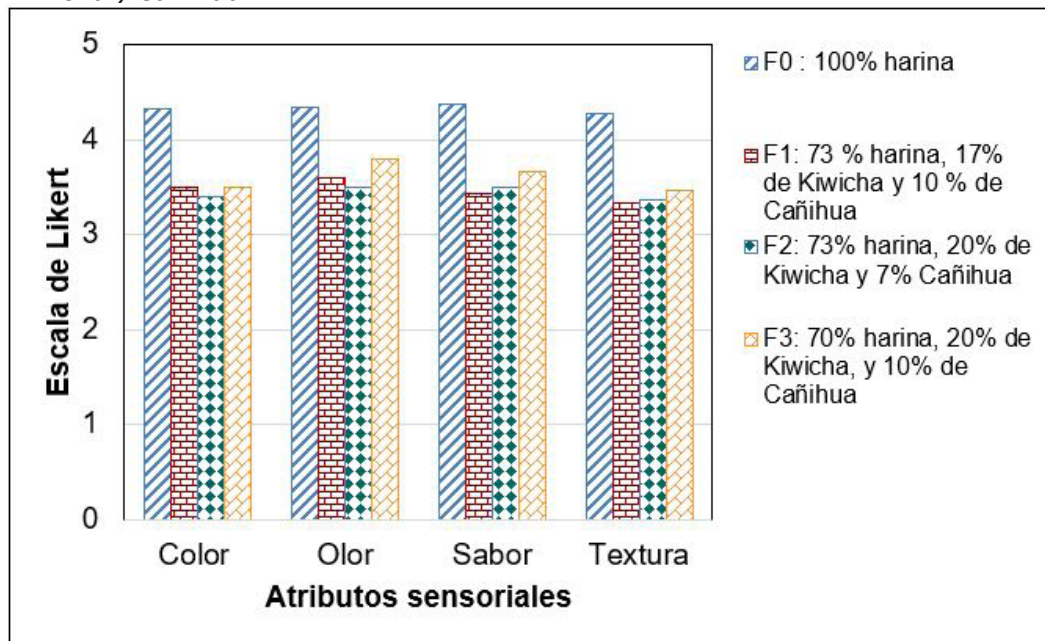
Análisis sensorial

La evaluación sensorial se realizó apoyada en treinta panelistas (catadores), mediante la aplicación de una escala hedónica de 1 a 5 puntos. La evaluación del pan de molde se dio en función de la percepción global de los atributos

(color, olor, sabor y textura). En la **Figura 2**, se muestra claramente que el F_0 del pan de molde elaborado con 100 % harina de trigo tuvo la media más elevada respecto al color, olor, sabor y textura, por lo cual, resulto ser la formulación más aceptada por los panelistas.

Figura 2

Resultados del análisis sensorial de los tratamientos de pan elaborados con Kiwicha y Cañihua



No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos F_1 , F_2 y F_3 además los promedios de las puntuaciones se encuentran por encima de 3,33/5, esto podría deberse a que la presencia de los granos andinos genera en el pan diferencias sensoriales, pero agradables al paladar. Después del tratamiento control (F_0), el tratamiento F_3 , tuvo una ventajosa aceptabilidad sensorial en comparación a las otras formulaciones (F_1 y F_2), especialmente en color, sabor y textura.

En el presente estudio, los panelistas evaluados indicaron preferir panes con masas refinadas de color, sabor, olor y textura típicos, por lo cual la formulación más aceptada

correspondió a F_0 . Se sabe que el aporte nutritivo en este tipo de panes (100 % harina), es limitado respecto al contenido de fibra, hierro y aminoácidos; en este sentido para mejorar la aceptabilidad del consumidor por mezclas alternativas de pan de molde, a nivel industrial se podría adicionar granos andinos finamente molidos para no ser perceptibles por los consumidores. Zegarra *et al.* (2019) encontraron puntuaciones similares con valores de 3,16 a 3,61/5 en tres formulaciones en las que se variaron los porcentajes de harina de Cañihua (7,6 % 9,5 % y 8,3 %) siendo la formulación que contenía harina de Cañihua (8,3 %), la que presentó mayor aceptabilidad. Así mismo, Ravindran *et al.* (1996) encontraron diferencias

estadísticas en las características sensoriales al variar pocas concentraciones de harina Kiwicha en galletas.

Conclusiones

Las harinas de Kiwicha y Cañihua son una alternativa viable para elaborar pan de molde en reemplazo de la harina tradicional, debido a que incrementan el contenido de proteínas, grasa, fibra, hierro y aminoácidos esenciales cuando se adicionan de manera respectiva en porcentajes de 20 y 10% a la mezcla de pan. Además, su uso genera variaciones a nivel de color (mayor oscuridad) en la presentación del pan, lo cual da un valor agregado al producto.

Respecto a las características sensoriales, en las formulaciones F₁, F₂ y F₃, la adición de Kiwicha y Cañihua influenciaron de manera negativa en la aceptabilidad del pan de molde, sin embargo, para mejorar la aceptabilidad se podría reformular la adición de pseudocereales, incluso se podría utilizar otros ingredientes que enmascaren las características sensoriales poco aceptadas.

Finalmente, los panes de trigo enriquecidos con Kiwicha y Cañihua son una buena propuesta de un alimento nutritivo, debido a su alto contenido en macronutrientes, aminoácidos y hierro, por lo cual estas formulaciones con harinas alternativas (destacando la F₃) en el pan de molde ayudarían a disminuir la desnutrición, y podrían considerarse una buena propuesta para pacientes celíacos.

Agradecimientos

La presente investigación fue financiada por la Dirección de Investigación Universitaria de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco – Perú.

Referencias

- Alemu, A., El Baouchi, A., El Hanafi, S., Kehel, Z., Eddakhir, K., & Tadesse, W. (2021). Genetic analysis of grain protein content and dough quality traits in elite spring bread wheat (*Triticum aestivum*) lines through association study. *Journal of Cereal Science*, 100, 103214. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103214>
- Allowances, N. R. C. (US) S. on the T. E. of the R. D. (1989). Protein and Amino Acids. in Recommended Dietary Allowances: 10th Edition. *National Academies Press* (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234922/>
- Alshehry, G., Algarni, E., Aljumayi, H., Algheshairy, R. M., & Alharbi, H. F. (2022). Development and Characterization of Multigrain Pan Bread Prepared Using Quinoa, Lupin, and Fenugreek Seeds with Yellow Maize as a Gluten-Free Diet. *Journal of Food Quality*, 2022, e4331353. <https://doi.org/10.1155/2022/4331353>
- Ammar, I., Sebi, H., Aloui, T., Attia, H., Hadrich, B., & Felfoul, I. (2022). Optimization of a novel, gluten-free bread's formulation based on chickpea, carob and rice flours using response surface design. *Heliyon*, 8(12), e12164. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12164>
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La Evaluación Sensorial de Los Alimentos en la Teoría y la Práctica. *Acribia*, Editorial, S.A.
- Association of Official Analytical Chemists. (2023). Official methods of analysis (AOAC). *Scientific Standards & Methods*. (22.ª ed.). <https://www.aoac.org/scientific-solutions/>
- Ballester-Sánchez, J., Millán-Linares, M. C., Fernández-Espinar, M. T., & Haros, C. M. (2019). Development of Healthy, Nutritious Bakery Products by Incorporation of Quinoa. *Foods*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/foods8090379>
- Banerji, A., Ananthanarayan, L., & Lele, S. (2018). Rheological and nutritional studies of amaranth enriched wheat chapatti (Indian flat bread). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13361. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13361>
- Barroca, M. J., Flores, C., Ressurreição, S., Guiné, R., Osório, N., & Moreira da Silva, A. (2023). Re-Thinking Table Salt Reduction in Bread with Halophyte Plant Solutions. *Applied Sciences*, 13(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/app13095342>
- Bidlingmeyer, B. A., Cohen, S. A., Tarvin, T. L., & Frost, B. (1987). A new, rapid, high-sensitivity analysis of amino acids in food type samples. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 70(2), 241-247.

- Burgos, V. E., Castillo, V. C. D., Burgos, V. E., & Castillo, V. C. D. (2021). Utilización de kiwicha precocida (*Amaranthus caudatus*) para el desarrollo de barras funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 48(3), 307-318. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182021000300307>
- Calderón de la Barca, A. M., Mercado-Gómez, L. E., Heredia-Sandoval, N. G., Luna-Alcocer, V., Porras Loaiza, P. M. A., González-Ríos, H., & Islas-Rubio, A. R. (2022). Highly Nutritional Bread with Partial Replacement of Wheat by Amaranth and Orange Sweet Potato. *Foods*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/foods11101473>
- Calvo-Carrillo, M. de la C., López-Méndez, O. X., Carranco-Jáuregui, M. E., Marines, J., Calvo-Carrillo, M. de la C., López-Méndez, O. X., Carranco-Jáuregui, M. E., & Marines, J. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan tipo baguette utilizando harinas de trigo (*Triticum spp*) y chícharo (*Pisum sativum* L.). *Biotecnia*, 22(3), 116-124. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1227>
- Cerezal-Mezquita, P., Carrasco-Verdejo, A., Pinto-Tapia, K., Romero-Palacios, N., & Arcos-Zavala, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años: Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia*, 32(12), 857-864. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007001200013&lng=es&tlng=es
- Cervantes, M., Copado, F., Cervantes, M., Soto, R., Torrentera, N., & Figueroa, J. L. (2002). Predicción del contenido de aminoácidos en el trigo con base en su valor de proteína. *Interciencia*, 27(12), 695-701. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002001200009&lng=es&tlng=es
- Chamorro, R., Repo Carrasco, R., Ccapa Ramírez, K., & Quispe Jacobo, F. (2018). Composición química y compuestos bioactivos de treinta accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3), 363-375. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v84i3.200>
- Collar, C., Jiménez, T., Conte, P., & Fadda, C. (2014). Impact of ancient cereals, pseudocereals and legumes on starch hydrolysis and antiradical activity of technologically viable blended breads. *Carbohydrate Polymers*, 113, 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.07.020>
- Cooper, A. (2023). *Analytical Biochemistry: Methods in the biological sciences* (Vol. 678). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/journal/analytical-biochemistry>
- Cornell, J. A. (2011). *A Primer on Experiments with Mixtures | Wiley Series in Probability and Statistics*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470907443>
- Coțovanu, I., Mironeasa, C., & Mironeasa, S. (2023). Incorporation of Buckwheat Flour at Different Particle Sizes and Distinctive Doses in Wheat Flour to Manufacture an Improved Wheat Bread. *Foods*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods12081730>
- Diana, M., Rafecas, M., & Quílez, J. (2014). Free amino acids, acrylamide and biogenic amines in gamma-aminobutyric acid enriched sourdough and commercial breads. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 639-644. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.06.009>
- Dyner, L., Drago, S. R., Piñeiro, A., Sánchez, H., González, R., Villaamil, E., & Valencia, M. E. (2007b). Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(1), 69-78.
- Flores, M., Aristoy, C., Spanier, A., & Toldrá, F. (2006). Non-Volatile Components Effects on Quality of "Serrano" Dry-cured Ham as Related to Processing Time. 62(6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb12252.x>
- Gomes, D. I., Souza Dantas, M. I. de, Teixeira Ribeiro Vidigal, M. C., Machado Rocha Ribeiro, S., Ribeiro Silva, R., & Stampini Duarte Martino, H. (2013). Physical and sensorial properties of potato breads fortified with whole soybean flour. *Revista chilena de nutrición*, 40(1), 62-70. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000100010>
- Gostin, A. I. (2019). Effects of substituting refined wheat flour with wholemeal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. *LWT*, 114, 108412. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108412>
- Haros, C. M., & Sanz-Penella, J. M. (2017). Food Uses of Whole Pseudocereals. En *Pseudocereals* (pp. 163-192). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch8>
- Hidalgo, A., Ferraretto, A., Noni, I., Bottani, M., Cattaneo, S., Galli, S., & Brandolini, A. (2017). Bioactive compounds and antioxidant properties of pseudocereals-enriched water biscuits and their in vitro digestates. *Food Chemistry*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.014>
- Igual, M., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2021). Amino acids release from enriched bread with edible insect or pea protein during in vitro gastrointestinal digestion. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100351. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100351>
- Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., & Buksa, K. (2022). Nutritional properties and amino acid profile of buckwheat bread. *Journal of Food Science and Technology*, 59(8), 3020-3030. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05518-w>

- La República. (2022). Hogares peruanos reducen su consumo de pan hasta en la mitad debido al alza de precios. <https://larepublica.pe/economia/2022/07/14/hogares-peruanos-reducen-su-consumo-de-pan-hasta-en-la-mitad-debido-al-alza-de-precios-atmp>
- Mangelson, H., Jarvis, D. E., Mollinedo, P., Rollano-Penalosa, O. M., Palma-Encinas, V. D., Gomez-Pando, L. R., Jellen, E. N., & Maughan, P. J. (2019). The genome of *Chenopodium pallidicaule*: An emerging Andean super grain. Applications in Plant Sciences, 7(11), e11300. <https://doi.org/10.1002/aps3.11300>
- Martínez, O., & Martínez, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 01-14.
- Martínez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodríguez-Martin, N. M., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 65, 103735. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>
- Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Mérida-López, J., Pérez, S. J., Bergenstahl, B., Purhagen, J., & Rojas, C. C. (2023a). Nutritional Composition of Six Amaranth (*Amaranthus caudatus*) Andean Varieties. *Crops*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/crops3010008>
- Mérida-López, J., Pérez, S. J., Morales, R., Purhagen, J., Bergenstahl, B., & Rojas, C. C. (2023b). Comparison of the Chemical Composition of Six Canihua (*Chenopodium pallidicaule*) Cultivars Associated with Growth Habits and after Dehulling. *Foods*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods12081734>
- Miranda-Ramos, K. C., Sanz-Ponce, N., & Haros, C. M. (2019a). Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour. *LWT*, 114, 108418. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108418>
- Montevecchi, G., Santunione, G., Licciardello, F., Köker, Ö., Masino, F., & Antonelli, A. (2022). Enrichment of wheat flour with Spirulina. Evaluation of thermal damage to essential amino acids during bread preparation. *Food Research International*, 157, 111357. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111357>
- Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A., & Delcour, J. A. (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(3), 266-279. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.011>
- Partida, L., Cervantes Santana, T., Salazar Zazueta, A., Castillo Morales, A., & Velázquez Alcaraz, T. de J. (2007). Selección para contenido de proteína y rendimiento de grano en trigo irradiado recurrentemente. *Interciencia*, 32(10), 686-691.
- Pascual, G., & Zapata, J. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(4), 377-388. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000400008
- Perez-Leon, S., Pesantes, M. A., Aya Pastrana, N., Raman, S., Miranda, J., & Suggs, L. S. (2018). Food Perceptions and Dietary Changes for Chronic Condition Management in Rural Peru: Insights for Health Promotion. *Nutrients*, 10(11), 1563. <https://doi.org/10.3390/nu10111563>
- Perez-Moral, N., Saha, S., Pinto, A. M., Bajka, B. H., & Edwards, C. H. (2023). In vitro protein bioaccessibility and human serum amino acid responses to white bread enriched with intact plant cells. *Food Chemistry*, 404, 134538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134538>
- Prieto-Vázquez del Mercado, P., Mojica, L., & Morales-Hernández, N. (2022). Protein Ingredients in Bread: Technological, Textural and Health Implications. *Foods*, 11(16), 2399. <https://doi.org/10.3390/foods11162399>
- Ravindran, V., Hood, R. L., Gill, R. J., Kneale, C. R., & Bryden, W. L. (1996). Nutritional evaluation of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*, 63(1), 323-331. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)00997-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)00997-2)
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Reyes, S. E., Contreras Contreras, A. M., & Oyola Canto, M. S. (2019). Anemia y desnutrición infantil en zonas rurales: Impacto de una intervención integral a nivel comunitario. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 205-214. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.478>
- Reyes-Aguilar, M. J., de Palomo, P., & Bressani, R. (2004). Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(3), 314-321.
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con

- torta extruida de sachu inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199-208. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.04>
- Salas, J., Galán, P., Arijá, V., Marti-Henneberg, C., & Hercberg, S. (1990). Iron status and food intakes in a representative sample of children and adolescents living in a mediterranean city of Spain. *Nutrition Research*, 10(4), 379-390. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(05\)80665-7](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(05)80665-7)
- Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 679-685. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>
- Shin, D.-J., Kim, W., & Kim, Y. (2013). Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry*, 141(1), 517-523. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.005>
- Trino, R. D., Grados Torrez, R. E., Gutierrez Duran, M. D. P., Mamani Mayta, D. D., Perez Gonzales, J., Magariños Loredo, W., Arias Miranda, J. L., & Gonzales Dávalos, E. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*amaranthus caudatus* linnaeus), quinua (*chenopodium quinoa* willd) y tarwi (*lupinus mutabilis* sweet) en el desayuno. *Revista CON-CIENCIA*, 5(2), 15-28.
- Tsanasidou, C., Kosma, I., Badeka, A., & Kontominas, M. (2021). Quality Parameters of Wheat Bread with the Addition of Untreated Cheese Whey. *Molecules*, 26(24), 7518. <https://doi.org/10.3390/molecules26247518>
- Vidaurre-Ruiz, J., Vargas, R. J. Y., Alcázar-Alay, S., Encina-Zelada, C. R., Cabezas, D. M., Correa, M. J., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2022). Andean crops: Kañiwa and tarwi flours used for the development of vegan gluten-free muffins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), 7282-7292. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12094>
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., & Lu, X. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. *Food Chemistry*, 294, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.037>
- Yeşil, S., & Levent, H. (2022). The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT*, 160, 113301. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113301>
- Yilmaz, M. T., Yildiz, Ö., Yurt, B., Toker, O. S., Karaman, S., & Baştürk, A. (2015). A mixture design study to determine interaction effects of wheat, buckwheat, and rice flours in an aqueous model system. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), 583-589. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.045>
- Zegarra, S., Muñoz, A., & Ramos-Escudero, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. *Revista chilena de nutrición*, 46(5), 561-570. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>