



Evaluación de la calidad de pan obtenido con harina de pituca (*Colocasia esculenta* L.)

Evaluation of the quality of bread obtained with pituca (*Colocasia esculenta* L.) flour

Valqui-Pérez, Flor de María^{1*}

Tafur-Becerra, Rosa Paola²

Huayama-Sopla, Polito Michael²

¹Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú

²Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú

Recibido: 10 Ene. 2024 | **Aceptado:** 21 May. 2024 | **Publicado:** 10 Jul. 2024

Autor de correspondencia*: fvalqui@unach.edu.pe

Cómo citar este artículo: Valqui-Pérez, F. M., Tafur-Becerra, R. P. & Huayama-Sopla, P. M. (2024). Evaluación de la calidad de pan obtenido con harina de pituca (*Colocasia esculenta* L.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 4(2), e652.

<https://doi.org/10.51252/raa.v4i2.652>

RESUMEN

Se examinó el impacto del contenido de harina de pituca (*Colocasia esculenta* L.) en las propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad del pan tipo chachapoyano. La formulación del pan implicó la sustitución de harina de trigo con harina de pituca en 15/85, 20/80 y 25/75 y un grupo de control 0/100 harina de pituca/harina de trigo (HP/HT). Se realizaron análisis fisicoquímicos, farinográficos y alveográficos en las diferentes formulaciones de harina, mientras que el pan resultante fue evaluado en términos de propiedades fisicoquímicas y calidad sensorial, incluyendo aroma, color y textura. En la obtención del pan chachapoyano con harina de pituca se empleó un diseño completo al azar (DCA). Se realizó la comparación entre tratamientos se hizo mediante la prueba t de Student a una significancia del 0,05. Además, se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) para evaluar la variable aceptabilidad, utilizando la prueba Tukey, con un nivel de significancia del 0,05. Según los resultados farinográficos, la harina de pituca fue clasificada como no panificable. No obstante, en términos alveográficos, la mezcla de harina 15/85 mostró similitudes cercanas al grupo de control, tanto en la harina como en el pan final.

Palabras clave: análisis alveográfico; análisis farinográfico; evaluación sensorial; formulación; pan chachapoyano

ABSTRACT

The impact of pituca flour (*Colocasia esculenta* L.) content on the physicochemical properties and acceptability of Chachapoyan-type bread was examined. The bread formulation involved the substitution of wheat flour with pituca flour at 15/85, 20/80 and 25/75 and a control group 0/100 pituca flour/wheat flour (PF/WF). Physicochemical, farinographic and alveographic analyses were performed on the different flour formulations, while the resulting bread was evaluated in terms of physicochemical properties and sensory quality, including aroma, color and texture. A complete randomized design (CRD) was used to obtain the chachapoyano bread with pituca flour. The comparison between treatments was made using Student's t-test at a significance of 0.05. In addition, a Completely Randomized Block Design (CRBD) was used to evaluate the acceptability variable, using the Tukey test, with a significance level of 0.05. According to the farinographic results, pituca flour was classified as non-bakeable. However, in alveographic terms, the 15/85 flour blend showed close similarities to the control group, both in the flour and in the final bread.

Keywords: alveographic analysis; farinographic analysis; sensory evaluation; formulation; chachapoyan-bread



1. INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos más antiguos, su origen se remonta a Mesopotamia hacia el 6000 a.C., ampliamente consumido en todas sus presentaciones a nivel mundial (Vásquez-Lara et al., 2021). Aunque existen miles de recetas con insumos alternativos que permiten obtener diferentes tipos de pan, la materia prima es relativamente sencilla y es principalmente harina de trigo (Cao et al., 2023; Pico et al., 2015).

La harina de trigo, es el principal cereal utilizado en la elaboración de pan por tener proteínas de gluten únicas que, al unirse con el almidón, forman estructuras que facilitan la retención de gases para después de la cocción tener un producto elástico, poroso y con características de digestión favorables (Parenti et al., 2020). En Perú, el pan chachapoyano, también conocido como “pan de chachapoyas popular”, ha sido el alimento tradicional en la región amazónica, se elabora básicamente con harina de trigo, agua, levadura y manteca, en muchos casos todavía son procesados en hornos a base de leña, lo que resalta su sabor.

En las últimas décadas, el consumo de pan se incrementó rápidamente en países en desarrollo debido a la urbanización e industrialización. Esto junto a las crisis climáticas y conflictos violentos en regiones productoras de trigo, han promovido un aumento del precio de harina de trigo (Araujo-Enciso & Fellmann, 2020; Queiroz et al., 2021). Debido a ello, existe una tendencia gradual a sustituir de forma parcial o total la harina de trigo por harinas compuestas de semillas, cereales o tubérculos autóctonos (Alshawi, 2020; Olagunju et al., 2020; Vásquez-Lara et al., 2021). Algunos de los sustitutos empleados son: el centeno (Oest et al., 2020), avena (Carocho et al., 2020; Krochmal-Marczak et al., 2020), sorgo (Ari Akin et al., 2022; Mtelisi Dube et al., 2020) y mijo (Sarabhai et al., 2021; Tomić et al., 2020), quienes además han influido en las características del producto, mejorando el contenido de fibra, la rigidez, la elasticidad y estructura del producto final (Torbica et al., 2019).

La pituca (*Colocasia esculenta* L.) es una especie de raíz y tubérculo (cormo) con gran potencial agroalimentario (Púa et al., 2019), resistente a las plagas y enfermedades, con alto poder de conservación en condiciones naturales (Torres-Rapelo et al., 2014). La pituca es un alimento único debido a su digestibilidad y propiedades hipoalergénico que le da sus pequeños gránulos de almidón, entre 73 – 80 % del tubérculo (Patel & Singh, 2023). En cuanto a su contenido proximal, 100 g de pituca en peso seco tiene aproximadamente 1430 kcal, 9% de proteína, 26,5% carbohidratos, 2,24 % cenizas, 4,25% de fibra y 0,43% de grasa (López et al., 2021). En nuestro país se puede encontrar profusamente en zonas de la selva, aunque su consumo a nivel local sólo se observa en poblaciones amazónicas, especialmente en poblaciones nativas o quienes tienen conocimiento de su uso (Quispe et al., 2020).

De acuerdo a lo expuesto, el precio del grano del trigo fluctúa constantemente de acuerdo con su manejo en mercados internacionales. Por lo tanto, es importante tener en cuenta los ahorros que podrían beneficiar el uso parcial de harina de pituca, para obtener un pan chachapoyano de buenas características organolépticas y aceptabilidad por el consumidor, y baje los costos de las materias primas. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de la sustitución de harina de trigo por harina de pituca en la aceptabilidad del consumidor.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en la planta piloto de la Escuela Académico de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ubicada en la ciudad de Chachapoyas. Las muestras de pituca tuvieron como procedencia el anexo de Buenos Aires, provincia Bongará, departamento de Amazonas.

Para obtener harina de pituca, se seleccionó y lavó cuidadosamente el tubérculo antes de cortarlo en trozos de aproximadamente 1 cm de espesor, los cuales fueron sometidos a cocción durante 45 minutos a temperatura de ebullición. Luego, se procedió al pelado de manera manual mediante el uso de un cuchillo,

seguido de un proceso de deshidratación en un secador de bandejas a una temperatura de 65 °C durante un período de 4 horas, con una velocidad de aire de 2 min/s. Finalmente, se llevó a cabo la etapa de molienda y tamizado utilizando un molino de mano y tamices de tamaños N °250, 150 y 100. El resultado de este proceso es la obtención de harina de pituca rosada, en un tono crema ligeramente cenizo.

2.1. Formulación

En la tabla 1, se muestra la formulación de pan chachapoyano en base a 1000 g de harina compuesta (harina de trigo y pituca).

Tabla 1.

Formulación de pan sustituido con harina de pituca

| Insumo | Cantidad (g) | | | |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Control (0/100 _{HP/HT}) | T1 (15/85 _{HP/HT}) | T2 (20/80 _{HP/HT}) | T3 (25/75 _{HP/HT}) |
| Harina de trigo | 1000 | 850 | 800 | 750 |
| Harina de pituca | 0 | 150 | 200 | 250 |
| Azúcar | 125 | 125 | 125 | 125 |
| Levadura | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Sal | 183 | 183 | 183 | 183 |
| Manteca | 208 | 208 | 208 | 208 |
| Mejorador de masa | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Agua | 570 | 570 | 570 | 570 |

Para la preparación del pan, inicialmente se procedió a homogeneizar en seco la harina de trigo y la harina de pituca, según el tratamiento correspondiente, junto con levadura (3 g), sal (183 g) y azúcar (125 g). La mezcla homogeneizada se colocó en la amasadora sobadora (marca INTEC, modelo A-C50), a la cual se añadieron en cantidades dosificadas de agua (570 ml), el mejorador de masa (8 g) y la manteca (208 g). Este proceso se llevó a cabo durante 10 minutos, con el objetivo de obtener el desarrollo del gluten.

La masa resultante se formó en una bola y se permitió reposar durante 5 minutos. Luego, utilizando una máquina divisora, se crearon pequeñas bolas que reposaron durante 20 minutos. Se les dio forma de pan chachapoyano y se procedió a la fermentación por aproximadamente 4 horas a una temperatura entre 35 y 37 °C. A continuación, los panes fueron horneados a 200 °C durante 20 minutos. Posteriormente se dejó enfriar por espacio de 1 hora, a temperatura ambiente. Seguido a ello, fueron llevadas al laboratorio para sus respectivos análisis y el resto de panes se utilizó para realizar la prueba de escala hedónica.

2.2. Análisis fisicoquímico

Se llevaron a cabo análisis en las muestras de harina de pituca y panes chachapoyano para determinar su contenido de ceniza (AOAC 930.05), grasa (AOAC 930.04), proteína (AOAC 930.04) y carbohidratos (AOAC 930.09). Además, se utilizó un potenciómetro (modelo Hanna, USA) para medir el pH, y la humedad se evaluó mediante el uso de una balanza de humedad.

2.3. Caracterización fisicoplástica

Se determinó mediante la aplicación de análisis farinográficos (método AACC 54-21) y alveográficos (método AACC 54-10) en la empresa Industrias TEAL S.A. En el análisis farinográfico se evaluó la consistencia de la masa desde su formación, los índices evaluados fueron de absorción de agua (%), tiempo de desarrollo (min), estabilidad de la masa (min) y grado de debilitamiento (UB). Asimismo, con el análisis alveográfico se determinó el comportamiento de la harina en el proceso de panificación, se evaluaron los índices tenacidad de la masa (mm), extensibilidad de la masa (mm), trabajo (julios), característica de gluten.

2.4. Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial, se contó con la participación de 100 panelistas no entrenados, con edades comprendidas entre los 25 y los 40 años. Estos participantes llevaron a cabo una prueba hedónica de 9 puntos, de tipo discriminatorio, para evaluar los atributos de olor, color, sabor y dulzor de cada tratamiento de pan sustituido con harina de pituca. La escala de la prueba iba desde "me disgusta demasiado" (1), "me disgusta mucho" (2), "me disgusta moderadamente" (3), "me disgusta ligeramente" (4), "no me gusta ni me disgusta" (5), "me gusta ligeramente" (6), "me gusta moderadamente" (7), "me gusta mucho" (8) y "me gusta demasiado" (9).

Las muestras se presentaron en bolsas de plástico previamente codificadas como: 187 (0/100), 492 (15/85), 314 (20/80) y 521 (25/75). Cada bolsa contenía tres muestras de pan para cada nivel de sustitución, así como el pan de control respectivo.

2.5. Análisis de datos

Para la evaluación de la formulación del pan chachapoyano sustituido con harina de pituca, se empleó el diseño completo al azar (DCA). Asimismo, para determinar la diferencia de los tratamientos evaluados con el control se empleó las diferencias medias bajo una distribución t de student a 0,05 de significancia. En cuanto a la aceptabilidad se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). La comparación de medias se realizará mediante la prueba Tukey; con un nivel de significancia del 0,05.

Los datos experimentales se analizaron mediante el programa Statgraphics, y se llevó a cabo el análisis organoléptico utilizando SPSS 15.0.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis fisicoquímico proximal

En cuanto a la HP empleada en la experimentación, la caracterización fisicoquímica dio como resultados un pH= 6,1 ± 0,01, humedad = 13,23 ± 0,21 %, proteína = 9,92 ± 0,03 %, grasa = 1,42 ± 0,01 %, carbohidratos = 63,84 ± 0,02 %, ceniza = 2,00 ± 0,01.

En las Tabla 2 y 3 se presentan los promedios de la composición fisicoquímica proximal, que incluye humedad, proteína, grasa, carbohidratos y cenizas, tanto para las harinas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de pituca como para los panes resultantes.

Tabla 2.

Caracterización físico-químico proximal de harina de trigo sustituida con harina de pituca

| Parámetros | Control (0/100 _{HP/HT}) | T1 (15/85 _{HP/HT}) | T2 (20/80 _{HP/HT}) | T3 (25/75 _{HP/HT}) | Razón F | Valor- p |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------|----------|
| pH | 6,56 ± 0,01 | 6,54 ± 0,01 | 6,49 ± 0,02 | 6,20 ± 0,03 | 122,40 | <0,001 |
| Humedad (%) | 14,68 ± 0,07 | 14,31 ± 0,19 | 14,01 ± 0,15 | 13,8 ± 3,31 | 0,39 | 0,7607 |
| Proteína (%) | 12,33 ± 0,17 | 10,47 ± 0,05 | 10,31 ± 0,02 | 10,23 ± 0,02 | 373,90 | < 0,001 |
| Grasa (%) | 2,55 ± 0,02 | 2,40 ± 0,01 | 2,33 ± 0,01 | 2,33 ± 0,01 | 152,64 | < 0,001 |
| Carbohidratos (%) | 57,9 ± 0,1 | 61,39 ± 0,09 | 62,12 ± 0,12 | 62,17 ± 0,02 | 1500,46 | < 0,001 |
| Cenizas (%) | 0,55 ± 0,03 | 0,70 ± 0,03 | 0,74 ± 0,02 | 0,75 ± 0,02 | 36,35 | < 0,001 |

Los niveles de humedad en las mezclas de harina con sustitución 20/80 (T2) y 25/85 (T3) HP/HT fueron considerados apropiados, de acuerdo con las pautas establecidas por Quezada et al. (2019) quienes sugieren que el contenido de humedad en una harina debe situarse entre el 10% y el 14%. Asimismo, en el contenido de proteína se evidencia una tendencia a la reducción, posiblemente debido al bajo contenido proteico inherente a este tubérculo.

La determinación del contenido de cenizas resulta valiosa para evaluar la pureza y el rendimiento de las harinas de cereales pues los minerales tienen una distribución desigual en todas sus capas (Cardoso et al., 2019). La capa exterior conformada por la aleurona y el pericarpio contienen aproximadamente el 68%, el endospermo de almidón el 20% y el embrión el 12% del total de minerales. Por tal motivo, el contenido de cenizas en la harina panificable oscila entre 0,3 y 0,65%, siendo un mayor nivel de cenizas suele estar menos purificada y contiene más partículas de salvado fino y endospermo adyacentes al salvado (Czaja et al., 2020). Por lo tanto, la harina de trigo empleada en la investigación cumple con los requisitos de harina panificable. Sin embargo, a mayores niveles de sustitución con harina de pituca se observa un incremento del contenido de cenizas, atribuido al mayor porcentaje de cenizas en harina de pituca (2%).

Tabla 3.

Caracterización físico-químico proximal de pan con sustitución parcial con harina de pituca

| Parámetros | Control (0/100 HP/HT) | T1 (15/85 HP/HT) | T2 (20/80 HP/HT) | T3 (25/75 HP/HT) | Razón F | Valor- p |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|----------|
| pH | 6,52 ± 0,01 | 6,58 ± 0,01 | 6,00 ± 0,18 | 5,86 ± 0,12 | 22,80 | <0,001 |
| Humedad (%) | 19,48 ± 0,50 | 19,17 ± 1,55 | 16,97 ± 0,86 | 12,75 ± 5,75 | 3,17 | 0,0853 |
| Proteína (%) | 10,07 ± 0,06 | 8,45 ± 0,01 | 8,37 ± 0,02 | 8,25 ± 0,01 | 1884,91 | < 0,001 |
| Grasa (%) | 10,9 ± 0,05 | 11,07 ± 0,07 | 11,36 ± 0,03 | 11,78 ± 0,03 | 197,72 | < 0,001 |
| Carbohidratos (%) | 57,2 ± 0,05 | 58,44 ± 0,04 | 60,49 ± 0,06 | 61,35 ± 0,04 | 4623,05 | <0,001 |
| Cenizas (%) | 1,01 ± 0,01 | 1,45 ± 0,02 | 1,55 ± 0,04 | 1,61 ± 0,02 | 353,76 | <0,001 |

En cuanto al contenido de grasa en los grupos de control y los tratamientos de los panes, se registró un aumento atribuible a la adición de manteca durante el proceso (García-Cisneros et al., 2023).

Los datos fisicoquímicos obtenidos de las mezclas de harina y pan chachapoyano de cenizas, grasa, proteína, carbohidratos y pH, muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el grupo de control, con un nivel de confianza del 95%.

3.2 Análisis Farinográfico y alveográfico

En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis farinográfico, llevado a cabo en los laboratorios de Industrias TEAL S.A, tanto para la harina de trigo como para cada grado de sustitución de harina de pituca. Esto posibilitó la evaluación de la coherencia de la masa a través de la fuerza requerida para su mezcla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar una fuerza estándar de 500 UB en la prueba farinográficas.

Tabla 4.

Características farinográficas de las mezclas de harina de trigo y harina de pituca para diferentes niveles de sustitución

| Tratamiento | Nivel de sustitución (%) | Absorción de agua (%) | Tiempo de Desarrollo (minutos) | Estabilidad (minutos) | Debilitamiento (Unidades Brabender) |
|------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| T0 (0/100 _{HP/HT}) | 0 | 64,8 | 12,5 | 8,7 | 40 |
| T1(15/85 _{HP/HT}) | 15 | 64,6 | 5,1 | 3,7 | 80 |
| T2 (20/80 _{HP/HT}) | 20 | 67,6 | 4,9 | 3,3 | 95 |
| T3 (25/75 _{HP/HT}) | 25 | 68,4 | 4,7 | 3,1 | 105 |

De acuerdo a la tabla anterior, la absorción de agua de la masa, los tratamientos T0 y T1 presentaron niveles de hidratación media, entre 58 y 65%, ideales para formar masas viscoelásticas. Se debe tener en cuenta que la absorción de agua está relacionada con la necesidad de agua que requiere el gluten para obtener una fuerza estándar de 500 UB en la prueba farinográficas (Vásquez-Lara et al., 2021). Además, se observa que

el porcentaje de absorción de agua aumenta de manera proporcional al nivel de sustitución, indicando que la harina de pituca tiene una capacidad de absorción de agua mayor a la harina de trigo, posiblemente debido al incremento de carbohidratos del almidón de la pituca (75% amilopectina y 25% amilosa) que posee valores iguales o superiores de constituyentes hidrófilos (amilosa) (Morales, 2012). Según Solarte-Montúfar et al. (2019), el valor del contenido de amilosa en un almidón es el factor determinante para la calidad de los alimentos terminados, pues valores altos en de la misma favorecen una mayor solubilidad, mayor viscosidad, mejor claridad del engrudo y mayor tendencia a la retrogradación de los geles.

Según Pantanelli (2009) el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia de la masa oscila entre 10 y 20 minutos. Las mezclas de harina de trigo y pituca evaluadas presentaron tiempos de desarrollo cortos ($\leq 5,1$ min.). De igual forma, la estabilidad de la masa también desempeña un papel importante en el desarrollo de una mejor la fermentación y tienden a ser más fuertes. De acuerdo con Hernández et al. (2023) el tiempo de estabilidad mínimo requerido en la industria panificadora es de 8 minutos, tiempo superior al obtenido en los tratamientos con sustitución parcial evaluados. Por último, el índice de ablandamiento de los tratamientos con sustitución tuvo disminuciones entre 40 y 105 Unidades Brabender (UB), lo cual refleja una baja calidad en harinas panificables.

De acuerdo a lo reportado por Sandoval et al. (2012) e Islas et al. (2005), los resultados obtenidos de los análisis farinográficos en cuanto a tiempo de desarrollo, estabilidad y debilitamiento de la masa en las mezclas de HT y HP, indican una red de gluten deficiente o presencia de almidón dañado que podría vincularse a la cantidad de proteína y formación de gluten en las masas por efecto de la harina de sustitución, por lo que la harina no sería adecuada para la panificación. Los resultados obtenidos guardan relación con investigaciones realizadas en producción de pan con adición de harina de tubérculos (Vázquez-Chávez & Hernández-López, 2023), yuca (Hernández et al., 2023) y papa (Miranda, 2023) mostraron una disminución en las características farinográficas de la masa con el incremento de la harina de tubérculo en la mezcla de harina.

En la Tabla 5 se exhiben los resultados del análisis Alveográfico de las combinaciones de harina de trigo y harina de pituca para distintos niveles de sustitución. En cuanto a la tenacidad (p), que representa la máxima presión que la masa puede soportar antes de deformarse, se observa que el tratamiento T1 exhibe el mejor rendimiento, con un valor aceptable de 98,7 mm. En contraste, los valores de los tratamientos T2 y T3 por encima del valor mínimo apto para la producción de pan ($P \leq 100$).

Tabla 5.

Características alveográfico de las mezclas de harina de trigo y harina de pituca para diferentes niveles de sustitución

| Tratamiento | P (tenacidad) mm | L (extensibilidad) mm | P/L | W (trabajo) | Características del gluten |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|------|----------------|-------------------------------|
| T0 (0/100 _{HP/HT}) | 103 | 84 | 1,22 | 192 | Débil |
| T1(15/85 _{HP/HT}) | 87,8 | 80,0 | 0,90 | 230 | Fuerte |
| T2 (20/80 _{HP/HT}) | 98,7 | 82,8 | 1,19 | 202 | Débil |
| T3 (25/75 _{HP/HT}) | 102,2 | 83 | 1,21 | 196 | Débil |

La calidad de una harina se mide también por su equilibrio entre resistencia a la deformación (P) y extensibilidad (L), ya que esto favorece la obtención de un pan con volumen máximo y estructura interna bien proporcionada. Por ende, una relación $P/L < 1,5$ se considera adecuada para la panificación, según Calaveras (1996). En comparación con los resultados obtenidos en las pruebas, la relación P/L fue menor a 1,5 indicando que es una harina panificable.

3.2. Evaluación sensorial

En la figura 1 se muestran los resultados de la evaluación sensorial aplicada a los panes elaborados con trigo y con sustitución parcial de harina de pituca. Este tipo de preferencia de los consumidores frente a nuevos productos puede suministrar información valiosa sobre el producto objeto de estudio (Thompson et al., 2004), permitiendo la observación de las variaciones individuales entre ellos, en conjunto con la relación descriptiva sensorial (Issanchou, 1996).

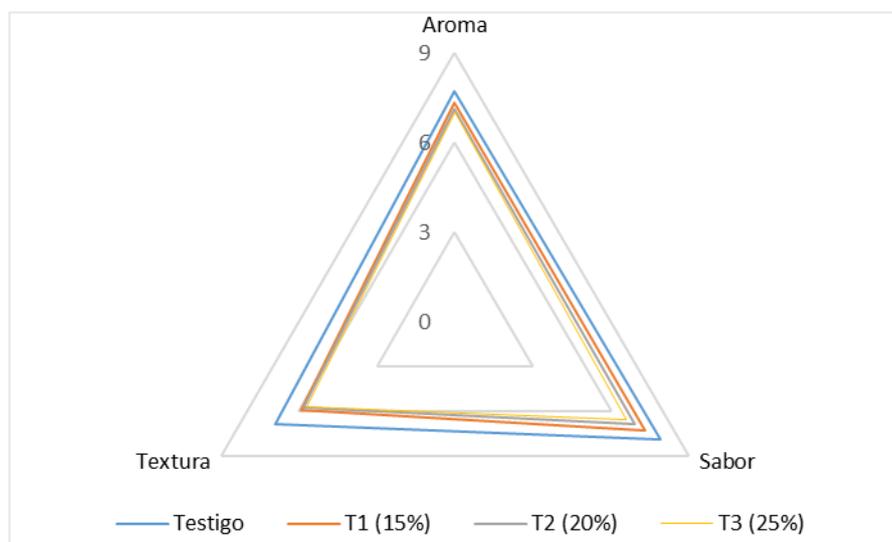


Figura 1. Análisis de atributos de dulzor, aroma y sabor del pan elaborado con harina de trigo (control) y panes elaborados con empleo parcial de harina de pituca

En relación con el pan chachapoyano elaborado a partir de harinas sustituidas con pituca, se observa que si bien los atributos evaluados sufrieron una disminución en su ponderación con el incremento de la harina de pituca, el tratamiento T1 (15/85 HP/HT) presentó mayor aceptación en los parámetros analizados entre las formulaciones con sustitución evaluadas, obteniendo una calificación de me gusta moderadamente (7,3) en el atributo sabor y aroma, y una calificación de un poco suave (5,9) en el atributo textura.

En la tabla 6 se muestran los promedios de las evaluaciones sensoriales realizadas y los resultados de la prueba de Tukey ($P < 0,05$) aplicado a los panes elaborados con harina de trigo y sustitución parcial con harina de pituca. De acuerdo a ello se observa que el tratamiento T1 (15/85 HP/HT) presenta diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos en el atributo sabor, y diferencias significativas respecto al tratamiento T0 (0/100 HP/HT) en los atributos aroma y textura.

Tabla 6.

Comparación de medias por el método de Tukey en atributos evaluados en panes elaborados con sustitución parcial de harina de pituca y harina de trigo (control)

| Trat. | Aroma | Sabor | Textura |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| T0 (0/100 _{HP/HT}) | 7,7 ± 1,5698 ^a | 7,9 ± 1,0825 ^a | 6,9 ± 0,7035 ^a |
| T1(15/85 _{HP/HT}) | 7,3 ± 2,0201 ^b | 7,3 ± 2,0201 ^b | 5,9 ± 1,6697 ^b |
| T2 (20/80 _{HP/HT}) | 7,1 ± 1,8963 ^b | 6,9 ± 1,6697 ^c | 5,8 ± 1,3333 ^b |
| T3 (25/75 _{HP/HT}) | 7,0 ± 1,7978 ^b | 6,6 ± 1,3333 ^d | 5,7 ± 1,3521 ^b |

*Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes según el test de Tukey ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

Del perfil físico-químico, análisis alveográfico y análisis sensorial de los panes chachapoyanos obtenidos con sustitución parcial de harina de trigo, el tratamiento T1 (15/85 HP/HT) presenta mejores condiciones en comparación a la harina de trigo. Sin embargo, en términos de evaluación farinográfica se indica que no posee características panificables.

Los resultados de la presente investigación evidencian que el uso de harina de pituca es una buena alternativa para panificación, sobre todo en la Amazonía donde no se produce trigo, por lo que es posible dar un valor agregado a la pituca con sustituciones menores que permitan diversificar su uso.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Curación de datos: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Análisis formal: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Adquisición de fondos: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Investigación: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Metodología: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Administración del proyecto: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Recursos: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Software: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Supervisión: Huayama-Sopla, P. M.

Validación: Valqui-Pérez, F. M., Tafur-Becerra, R. P. y Huayama-Sopla, P. M.

Visualización: Valqui-Pérez, F. M., Tafur-Becerra, R. P. y Huayama-Sopla, P. M.

Redacción - borrador original: Valqui-Pérez, F. M. y Tafur-Becerra, R. P.

Redacción - revisión y edición: Valqui-Pérez, F. M., Tafur-Becerra, R. P. y Huayama-Sopla, P. M.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alshawi, A. H. (2020). The use of irradiated potato flour as a partial replacement of wheat flour in producing biscuits. *Czech Journal of Food Sciences*, 38(6), 397–403. <https://doi.org/10.17221/170/2020-CJFS>

Araujo-Enciso, S. R., & Fellmann, T. (2020). Yield Variability and Harvest Failures in Russia, Ukraine and Kazakhstan and Their Possible Impact on Food Security in the Middle East and North Africa. *Journal of Agricultural Economics*, 71(2), 493–516. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12367>

Ari Akin, P., Demirkesen, I., Bean, S. R., Aramouni, F., & Boyaci, I. H. (2022). Sorghum Flour Application in Bread: Technological Challenges and Opportunities. *Foods*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/foods11162466>

Cao, H., Gao, F., Shen, H., Su, Q., Guan, X., Sun, Z., & Yu, Z. (2023). Influence of partial substitution of wheat flour with sprouted oat flours on physicochemical and textural characteristics of wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103649>

- Cardoso, R. V. C., Fernandes, Â., Heleno, S. A., Rodrigues, P., González-Paramás, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry*, *280*, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>
- Carocho, M., Morales, P., Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Ferreira, E., Heleno, S., Rodrigues, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters. *Food Chemistry*, *310*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125954>
- Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2020). Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods*, *9*(3). <https://doi.org/10.3390/foods9030280>
- García-Cisneros, M. Á., García-Rivero, A. E., De La Cruz-Fernández, E., & Bardales-Azañero, J. R. (2023). Effect of partial substitution of wheat flour by pituca (*Colocasia esculenta*) puree on the quality of french type bread. *Agroindustrial Science*, *13*(1), 23–31. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2023.01.03>
- Hernández, G., Alvarez, M., Nuñez De Villavicencio, M., & Ochoa, M. (2023). Empleo de la harina de yuca en panificación. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *33*(2), 56–62. <https://revcitecal.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/452>
- Islas, A., MacRitchie, F., Gandikota, S., & Hou, G. (2005). Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con la calidad panadera de harinas de trigo. *Rev. Fitotec. Mex.*, *28*(3), 243–251. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.3.243>
- Issanchou, S. (1996). Consumer Expectations and Perceptions of Meat and Meat Product Quality. *Meat Science*, *43*. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00051-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00051-4)
- Krochmal-Marczak, B., Tobiasz-Salach, R., & Kaszuba, J. (2020). The effect of adding oat flour on the nutritional and sensory quality of wheat bread. *British Food Journal*, *122*(7), 2329–2339. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2019-0493>
- López, F., Arboleda, L., & González, V. (2021). Evaluation of the metformin effects on Anti-Müllerian Hormone in women with polycystic ovarian syndrome: A double-blind randomized clinical trial. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, *1*(1), 411–429. <https://doi.org/10.18502/8>
- Miranda, A. R. (2023). Evaluación de cinco mezclas de harina de papa y trigo para elaboración de pan. *Revista de Investigación Proyección Científica*, *5*(1), 35–50. <https://doi.org/10.56785/ripc.v5i1.97>
- Morales, A. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). *Espacio y Desarrollo*, *24*, 97–117. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espaciodydesarrollo/article/view/7587>
- Mtelisi Dube, N., Xu, F., & Zhao, R. (2020). The efficacy of sorghum flour addition on dough rheological properties and bread quality: A short review. *Grain & Oil Science and Technology*, *3*(4), 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2020.08.001>
- Oest, M., Bindrich, U., Voß, A., Kaiser, H., & Rohn, S. (2020). Rye bread defects: Analysis of composition and further influence factors as determinants of dry-baking. *Foods*, *9*(12). <https://doi.org/10.3390/foods9121900>
- Olagunju, A. I., Ekeogu, P. C., & Bamisi, O. C. (2020). Partial substitution of whole wheat with acha and pigeon pea flours influences rheological properties of composite flours and quality of bread. *British Food Journal*, *122*(11), 3585–3600. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2019-0773>
- Pantanelli, A. (2009). *Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo*. <http://www.roagro.com.ar/upload/varios/Par%C3%A1metros%20Calidad%20del%20Trigo.doc>

- Parenti, O., Guerrini, L., & Zanoni, B. (2020). Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>
- Patel, A., & Singh, J. (2023). Taro (*Colocasia esculenta* L.): Review on Its botany, morphology, ethno medical uses, Phytochemistry and pharmacological activities. *The Pharma Innovation*, 12(3), 05–14. <https://doi.org/10.22271/tpi.2023.v12.i3a.18908>
- Pico, J., Bernal, J., & Gómez, M. (2015). Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. In *Food Research International*, 75, 200–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.051>
- Púa, A. L., Barreto, G. E., Zuleta, J. L., & Herrera, O. D. (2019). Nutrient analysis of taro root (*Colocasia esculenta* Schott) in the dry tropics of Colombia. *Informacion Tecnologica*, 30(4), 69–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400069>
- Queiroz, C., Norström, A. V., Downing, A., Harmáčková, Z. V., De Coning, C., Adams, V., Bakarr, M., Baedeker, T., Chitate, A., Gaffney, O., Gordon, L., Hainzelin, É., Howlett, D., Krampe, F., Loboguerrero, A. M., Nel, D., Okollet, C., Rebermark, M., Rockström, J., ... Matthews, N. (2021). Investment in resilient food systems in the most vulnerable and fragile regions is critical. *Nature Food*, 2(8), 546–551. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00345-2>
- Quezada, Lady, Contreras, O., Martínez, E., Mero, F., & González, H. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces. *Revista Alimentos Hoy*, 27(47), 49–63. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/528>
- Quispe, W., Esenarro, E., Rodriguez, C., Alvarado, K., Ruiz, C., & Alvarez, W. (2020). Physicochemical quality of honey bee (*Apis mellifera*) in three bioclimatic zones in Apurimac Perú. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(7), 268–275. <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/13219>
- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 123–131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.02.03>
- Sarabhai, S., Tamilselvan, T., & Prabhasankar, P. (2021). Role of enzymes for improvement in gluten-free foxtail millet bread: It's effect on quality, textural, rheological and pasting properties. *LWT*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110365>
- Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019). Rheological and functional properties of the starch from three varieties of Creole potato. *Informacion Tecnologica*, 30(6), 35–44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Thompson, J. L., Drake, M. A., Lopetcharat, K., & Yates, M. D. (2004). Preference Mapping of Commercial Chocolate Milks. *S406 Journal Of Food Science*, 69(9). www.ift.org
- Tomić, J., Torbica, A., & Belović, M. (2020). Effect of non-gluten proteins and transglutaminase on dough rheological properties and quality of bread based on millet (*Panicum miliaceum*) flour. *LWT*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108852>
- Torbica, A., Belović, M., & Tomić, J. (2019). Novel breads of non-wheat flours. *Food Chemistry*, 282, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.113>
- Torres-Rapelo, A., Margarita Montero-Castillo, P., & Julio-González, L. (2014). Utilización de almidón de malanga (*Colocasia esculenta* L.) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. *Bioteconología En El*

Sector Agropecuario y Agroindustrial, 12(2), 97–105.

<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/333>

Vásquez-Lara, F., Verdú-Amat, S., Islas-Rubio, A. R., Barat-Baviera, J. M., Grau-Meló, R., Granados-Nevárez, M. del C., & Ramírez Wong, B. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, 23(2), 55–64. <http://biotecnia.unison.mx>

Vázquez-Chávez, L., & Hernández-López, C. (2023). Producción de Harina de Camote y su uso en Pan de caja. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8, 1–6. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.5>