



Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por puré de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad del pan tipo francés

Effect of partial substitution of wheat flour by pituca (*Colocasia esculenta*) puree
on the quality of french type bread

Miguel Ángel García-Cisneros^{1,*}; Alberto E. García-Rivero²; Eusebio De La Cruz-Fernández¹;
José Ricardo Bardales-Azañero³

¹ EP de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

² EP de Geografía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

³ FAC. Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

ORCID de los autores:

M. Á. García-Cisneros: <https://orcid.org/0000-0001-6297-5047>

A. E. García-Rivero: <https://orcid.org/0000-0002-8344-9529>

E. De la Cruz-Fernández: <https://orcid.org/0000-0003-4352-7155>

J. R. Bardales- Azañero: <https://orcid.org/0000-0003-0074-2381>

RESUMEN

El trigo es el cereal de mayor importación en el Perú para la industria harinera. El uso de harinas compuestas con harinas de cultivos locales como semillas y tubérculos aportantes de nutrientes, que reemplazándolo total o parcialmente disminuirá la brecha de la importación de trigo. Se obtuvo puré de *Colocasia esculenta* con la que se sustituyó parcialmente a la harina de trigo, empleándose el método esponja. Las sustituciones fueron de: 10%, 15%, 20% y 30%. Posteriormente los panes obtenidos fueron evaluados mediante escala hedónica, análisis fisicoquímico y microbiológico. La evaluación sensorial hedónica condujo, a los panelistas semientrenados, a aceptar la formulación sustituida con el 30% de puré, pues presentó mejores atributos sensoriales en color, sabor, textura, apariencia y aceptación ($p < 0,05$). Los resultados fisicoquímicos de la formulación aceptada, revelaron mejores aportes nutricionales (307,7 kcal, Proteínas 11,37%, lípidos 2,5%, carbohidratos 59,93%, fibra 0,56 y ceniza 1,5%), microbiológicamente resultó ser apto para consumo humano según lo indicado por la RM 591-2008/MINSA-Perú (Criterio VIII. 1- pan francés comercial) y la NTP: 004 2016/INACAL, por lo que el presente estudio reveló que el uso del puré de la pituca puede emplearse como sustituto alternativo a la harina de trigo en la panificación.

Palabras clave: Puré; *Colocasia esculenta*; *Triticum aestivum*; pan tipo francés; aceptabilidad.

ABSTRACT

Wheat is the most imported cereal in Peru for the flour industry. The use of flours made up of flours from local crops as seeds and tubers that provide nutrients, which, replacing them totally or partially, will reduce the gap in wheat imports. *Colocasia esculenta* puree was obtained with which wheat flour was partially substituted, using the sponge method. The substitutions were: 10%, 15%, 20% and 30%. Subsequently, the obtained bread was evaluated using a hedonic scale, physicochemical and microbiological analysis. The hedonic sensory evaluation led the semi-trained panelists to accept the substituted formulation with 30% puree since it presented better sensory attributes in color, flavor, texture, appearance and acceptance ($p < 0.05$). The physicochemical results of the accepted formulation revealed better nutritional contributions (307.7 kcal, 11.37% protein, 2.5% lipids, 59.93% carbohydrates, 0.56 fiber and 1.5% ash), microbiologically it resulted be suitable for human consumption as indicated by RM 591-2008/MINSA-Peru (Criterion VIII. 1- commercial French bread) and NTP: 004 2016/INACAL, therefore the present study revealed that the use of mashed potatoes Pituca can be used as an alternative substitute for wheat flour in baking.

Keywords: Mashed; *Colocasia esculenta*; *Triticum aestivum*; french type bread; acceptability.

1. Introducción

La agroindustria alimentaria tiene el compromiso de proporcionar alimentos procesados con nuevos sustitutos e innovados para el consumo masivo como el pan, compuesto de harina de trigo (Indecopi, 2015), agua, grasa, sal, levadura y otros, con adecuado aporte nutricional (Ponce et al., 2016), a lo que debemos considerar alternativas a los cultivos locales en la futura producción de alimentos (Alcântara et al., 2020). El pan contiene la proteína denominada gluten, responsable de la textura y el volumen (Udomkun et al., 2022; Miaomiao et al., 2022). Así mismo contiene nutrientes incompletos y un valor de índice glucémico (GI) alto, no aceptable para los pacientes con síndrome del metabolismo de la glucosa y los lípidos; proporcionan energía, macronutrientes y micronutrientes, siendo deficitaria en la calidad nutricional proteica (Cao et al., 2023; Rodríguez et al., 2018). La intolerancia al gluten, conducen a la celiaquía provocando inflamación grave y daños a la mucosa del intestino delgado, afectando la salud digestiva, estrés oxidativo y en el comportamiento epigenético inmunogénico, citotóxico y proinflamatorio, incrementando la apoptosis, disminuyendo la viabilidad y diferenciación celular (Udomkun et al., 2022; Gutowski et al., Scherf, 2019; Galván-Navarro et al., 2019; Lerner & Matthias, 2017). La producción de panes se obtiene por diversos métodos, coincidiendo todos en tres etapas: mezclado, fermentación y horneado (Peñalosa-Espinosa et al., 2017). El consumo de cereales y derivados se acrecienta a nivel mundial mientras que la productividad no lo hace en dicha forma, encareciendo su precio para su consumo como tal y derivados (FAO, 2022). La Dirección de Estudios Económicos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri) refiere que Perú produce alimentos de alto valor nutricional (frutas y vegetales), pero limitada capacidad competitiva en trigo, empleada en la industria de la harina y derivados por lo que es el segundo cereal que Perú más importa, un 92%, para cubrir el déficit repercutiendo en forma negativa en el PBI nacional (Ninahuanca, 2022), por lo que es muy expectante la sustitución parcial o total de la harina de trigo por razones económicas o nutricionales (Olagoniu et al., 2020). Rodríguez et al. (2018) lograron obtener panes con mayor aceptabilidad respecto al pan comercial tras sustituir la harina de trigo con 6,3% de torta extruida de sacha Inchi. Asimismo, Chamorro & Alegre (2010) sustituyeron con harina pre cocida de *Phaseolus vulgaris* y

Lupinus mutabilis (30%), obteniendo panes con 27,10% de proteína. Espino & Güemes (2016) elaboraron panes tipo pambazo, con mucha suavidad tras emplear puré de papa al 30% y puré de papa roja al 35%, debido a la retención de agua por los almidones de los tubérculos al momento de la elaboración del puré lo que promueve una mayor humedad en el producto final. La combinación de levaduras y masa natural previamente fermentada aumentó el volumen del pan, la acidez de la masa y el pH; modificando las propiedades reológicas, mejorando el sabor y textura del pan, en cambio una excesiva fermentación de la masa originó piezas de pan con poco volumen, aroma, sabor ácido miga poco alveolada y gomosa (Cerdeira-Cova & Vasquez-Chavez, 2017). García (2018) elaboró panes tipo francés con 9,32% de proteína tras sustituir la harina de trigo con 10% de harina de *Colocasia esculenta*, con un sabor amargo-rasposo. Torres & Montero (2013) reportaron que el almidón de malanga variedad blanca y morada poseen propiedades funcionales que hace viable su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales. Sahuja Estelo (1995) obtuvieron fideos sustituyendo parcialmente la harina de trigo con 20% de harina precocida de pituca rosada con buena preferencia sensorial. Salazar et al. (2015) obtuvieron pasta tipo tallarín sustituyéndola con 15% por harina de *Cyclanthera pedata* siendo favorable sensorialmente. Por otro lado, agregar harina de avena germinada en la elaboración de panes tiene el potencial de aumentar el contenido fenólico bioaccesible y disminuir el valor pGI (He et al., 2023), así mismo reemplazar a la harina de trigo con proteína de pescado en polvo al 3% se obtuvieron panes sin ningún impacto negativo (Seyed & Mahsa, 2022); Los cupcakes obtenidos con sustitución parcial de harina de trigo por harina de soya hasta un 10% no alteraron significativamente la calidad sensorial y fue buen aporte en proteínas (Paucar-Menacho et al., 2016). Gutierrez-Castillo et al. (2022), empleando granos andinos (quinua y tarwi), demostraron ser adecuados para elaborar panes de buena calidad tecnológica y mejorando su perfil nutricional, agregándoles valor a estas harinas ancestrales subutilizadas. Tras la sustitución de la harina de trigo convencional por harina integral de arroz de 25%, se obtuvieron panes de gran aceptación sensorial y una alta biodisponibilidad de minerales (Mellado & Haros, 2016). Asimismo, la obtención de pan para sándwich tras sustituir parcialmente la harina de trigo refinada por harina

de *Cicer arietinum* en un 30%, fue de buena aceptabilidad, con características tecnológicas adecuadas, mayor valor nutricional y buen aporte de fibra dietética (Costa et al., 2020). Tras el proceso de horneado, el pan producido con sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano verde o maíz promovió, tras la ingestión, un incremento rápido de los niveles de glucosa en sangre de las ratas; Pues luego de dicho proceso, los gránulos de almidón se gelatinizan y, por lo tanto, son fácilmente digeribles, en comparación con el control, reporte que nunca había sido presentado en la literatura (Alcántara, et al., 2020). Panes sustituidos parcialmente harina de trigo por harina de *Phaseolus lunatus* y tras evaluarlos sensorialmente (test hedónico) reportó que la formulación más aceptada fue 50:50 harina de trigo: harina de tapioca (Chirinos leal et al., 2017), por lo que se observó ser buena estrategia mezclar cereales y tubérculos para mejorar la calidad de los alimentos, pues su uso permite diseñar productos horneados con alto contenido proteico, fibra, minerales y disminuir el consumo de productos altos en gluten (Nieto-Mazzocco et al., 2018). Así mismo, la obtención de panes tras sustituir la harina de trigo por harina de chícharo en un 15%, reportó ser buen aportante proteico, buen perfil de aminoácidos y de buenos atributos sensoriales (Calvo-Carrillo et al., 2020). Ello llevó a la necesidad de desarrollar alternativas al uso de harina compuestas de semillas y tubérculo ricos en proteínas (Galvan-Navarro et al., 2019) que, reemplacen total o parcialmente la harina de trigo en la industria panadera, disminuyendo la demanda de trigo importado, valorando los recursos autóctonos y obteniendo productos enriquecidos con buenos niveles nutricionales (Waleed et al., 2018). En el Perú, existen gran variedad de recursos alimenticios autóctono (tubérculos, raíces y granos), como la *Colocasia esculenta* blanca y morada; poco conocida; según su lugar de procedencia optan por varios nombres vernáculos (Chemomics Internacional, 2004; Orcottoma, 2012; Milian-Jimenes, 2018), es una especie de raíz y tubérculo (cormo) con gran potencial agroalimentaria (Púa et al., 2019), resistente a las plagas y enfermedades, con alto poder de conservación en condiciones naturales, aportan buenos nutrientes y de fácil cocción, unido a sus cualidades digestivas, hace de dicho recurso un producto muy expectante y promisorio para el mercado nacional, en la dieta de hospitales, hogares de ancianos y círculos infantiles (Cuba, 2018). Su almidón posee

propiedades funcionales que lo hace viable para su uso en la agroindustria alimentaria u otras aplicaciones industriales (Torres et al., 2013), 100 g de su harina aportan: kcal 1430, agua 9,7%, glúcidos 78,6%, proteínas 8,1%, grasa total 0,3, ceniza 3,3%, Calcio 97 mg, Hierro 7 mg, y vitamina C 1,9 mg, haciéndolo muy expectante en la elaboración de alimentos para deportistas o personas que realizan trabajos físicos y resulta vital como alimento para niños, especialmente en la etapa de crecimiento fortaleciendo la formación de sus huesos y dientes (Reyes Garcia et al., 2017; Torres-Rapelo et al., 2014), promoviendo a la buena salud digestiva, previene el cáncer, previene y controla la diabetes, promueve la salud ocular, estimula el sistema inmune, proteger la piel, favorece la salud del corazón y combate la anemia (Leyva, 2020).

Así, el pan es un alimento de consumo masivo y muy accesible a todo consumidor, siendo un reto para el agroindustrial peruano emplear dicho recursos autóctono en la elaboración de productos horneados innovados, mejorando la calidad sensorial, inocuidad y nutricional, ello motivó a desarrollar y mejorar el pan tipo francés proponiendo a la *Colocasia esculenta* bajo la forma de puré, como una alternativa adecuada sostenible que pueda aminorar la brecha de la importación del trigo, fortaleciendo la sostenibilidad de dicho cormo y la soberanía alimentaria peruana.

2. Materiales y Método

Los cormos de la *Colocasia esculenta* variedad blanca (VB) provino del distrito de Anchiuay, Provincia de La Mar, Región Ayacucho (Perú). Como materia se emplearon la harina de trigo, ingredientes como: levadura fresca, azúcar, manteca vegetal, sal y leche en polvo que fueron adquiridas en el Mercado Nery García de la ciudad de Ayacucho. Como sustituto se empleó puré de *Colocasia esculenta*.

Metodología

La elaboración del pan francés (método esponja) se llevó a cabo tomando como base el diagrama de flujo presentado en la Figura 1.

Descripción del proceso

A los cormos de *Colocasia esculenta* VB, se les practicó controles como: tamaño, forma, selección, clasificación, limpieza e higiene; seguidamente fueron sancochadas (90 °C / 35 minutos), luego peladas y con una prensa papa se obtuvo el puré (rendimiento de 44,4%) (paso 1). Se

procedió a pesar la harina de trigo y puré de la *Colocasia esculenta*, y cada uno de los otros ingredientes según las formulaciones (Tabla 1) (paso 2). Efectuándose la dosificación respectiva para cada formulación (paso 3), en la mezcladora/ amasadora se procedió a la obtención de una masa homogénea. Aireada y flexible (10 °C/ 8-12 minutos), se empleó el método esponja para la obtención de la masa (paso 4), la masa obtenida, fue dividida en la divisora de masas, seguidamente fueron labrados y formados los bollos respectivo (boleado-formación de los panes), tras ser colocadas en las bandejas y en el coche fueron sometidos a fermentación (30 °C / 75 minutos) hasta doblar el volumen inicial (paso 5), paralelo se procedió a calentar el horno industrial de marca ANLIN modelo MAX 1000 (180 °C/ 15 minutos), doblado el volumen de la masa se horneó los bollos (150 °C / 20-25 minutos) (paso 6), seguidamente fueron retirados del horno (coche y bandejas con los panes) y ser enfriados a temperatura ambiente por un tiempo de 5-10 minutos (paso 7). Los panes obtenidos, se evaluaron sensorialmente empleando la escala

hedónica de 9 puntos sugerido por Watts et al. (1992) y Manfugas (2020). Participaron 30 panelistas semientrenados, estudiantes de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial-FIQM-UNSCH, quienes evaluaron la aceptación incidiendo en los atributos sensoriales sabor, textura, color, apariencia y aceptación (paso 8). La formulación con mayor preferencia, estadísticamente significativa, se le analizó química (paso 9) y microbiológicamente (paso 10).

Diseño y análisis estadístico.

Se aplicó el Diseño de Bloques al Azar (DBA), con cuatro repeticiones, para las cuatro formulaciones de panes para estudiar la existencia de significancia estadística de las mismas, empleándose el pan francés comercial como referencia y a los panelistas como bloques. Los resultados estadísticos de los tratamientos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANVA) y determinándose la diferencia mínima significativa entre las formulaciones (T₁, T₂, T₃ y T₄), para determinar cuál de las formulaciones tuvo mejor aceptación por los panelistas.

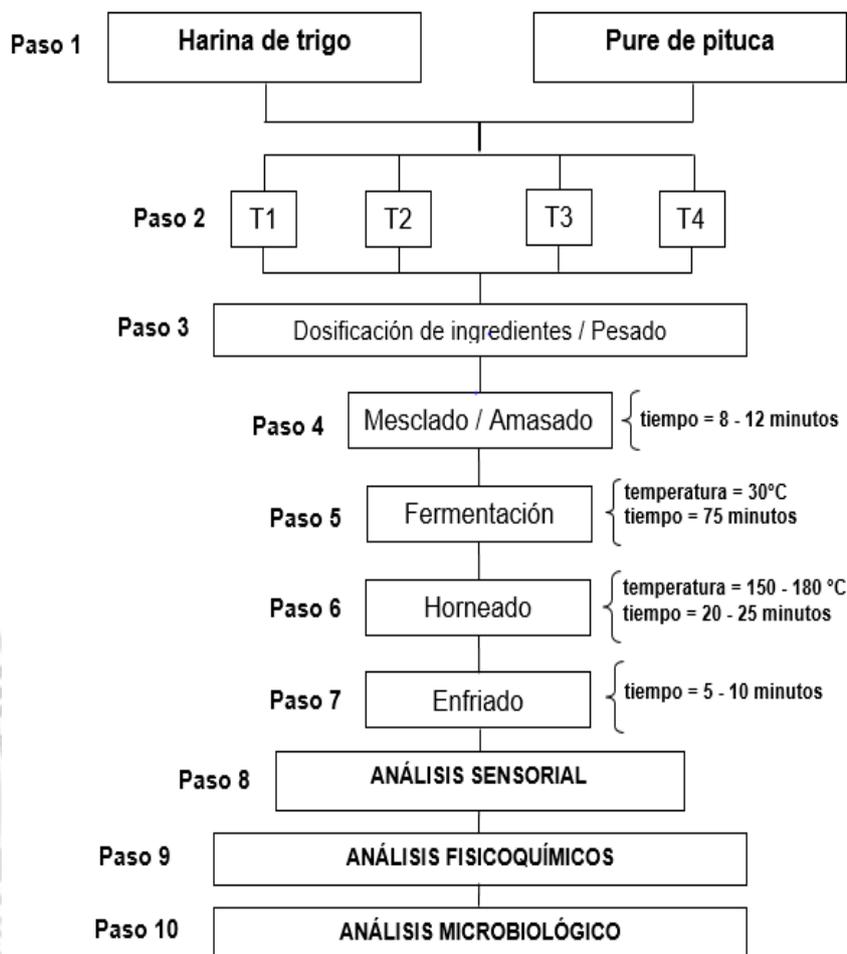


Figura 1. Diagrama de flujo y diseño del experimento para la elaboración del pan francés con sustitución parcial del puré de *Colocasia esculenta* VB.

Tabla 1Formulaciones de la sustitución parcial de la harina de trigo con puré de *Colocasia esculenta* VB en la elaboración de pan francés

Ingredientes	T ₁ (%)	T ₂ (%)	T ₃ (%)	T ₄ (%)
Harina de trigo	60,22	55,79	51,41	42,79
Puré de <i>Colocasia esculenta</i>	10	15	20	30
Sal	1	0,98	0,96	0,92
Azúcar	1,67	1,64	1,61	1,53
Mejorador de masa	0,67	0,66	0,64	0,61
Levadura fresca	1	0,98	0,96	0,92
Manteca	2,01	1,97	1,93	1,83
Agua	23,42	22,97	22,49	21,40

Para dicho análisis se empleó el programa estadístico SAS 9,4 (Statistical Analysis System); mediante un ANVA con una prueba de medias Duncan a un nivel de significancia de 5%.

La formulación que fue mejor aceptada, se sometió a análisis físico-químico, con el objetivo de evaluar la composición nutricional de los panes ello fue en el laboratorio de Biotecnología FIQM-UNSCH, basándonos en los protocolos que recomienda la NTP 106.004: 2016/INACAL (Inacal, 2016).

Así mismo, la evaluación de la aptitud de consumo se analizó microbiológicamente la formulación de mejor aceptación en el laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Biológicas-UNSCH, según las recomendaciones RM 591-2008/MINSA (Criterio VIII.1) (Minsa, 2008).

3. Resultados y discusión

En la Figura 2 se observan los panes obtenidos de las formulaciones experimentadas: T₁, T₂, T₃ y T₄, y al pan francés comercial (referencia). Ellos fueron evaluados sensorialmente mediante escala hedónica por 30 panelistas semientrenados, cuyos resultados se reportan en la tabla 2 y finalmente se determinó cuál de las formulaciones tuvo la mejor aceptación por los panelistas según los atributos sensoriales: sabor, textura, color, apariencia y aceptación, se aplicó la prueba de Duncan, empleando la tabla de rangos.

En la Tabla 2 se muestran las respuestas en promedio (4 repeticiones) de las pruebas hedónicas efectuadas a los atributos apariencia, olor, color, textura, sabor y aceptación; el ANVA reportó la no existencia de diferencia significativa estadística ($p < 0,05$) entre los tratamientos (T₁, T₂, T₃ y T₄) y los panelistas (bloques) en los atributos apariencia, olor y color; en el caso de los atributos textura y aceptación, reportó diferencias significativas estadística ($p < 0,05$) para los mismos tratamientos y no reportó diferencias significativas entre los panelistas. Respecto al atributo sabor el ANVA reportó diferencias significativas estadística al 5%, entre los tratamientos y panelistas. Para un esclarecimiento se procedió a efectuar la prueba de medias Duncan ($p < 0,05$).

Respecto al atributo textura, se observó que los tratamientos T₃ (20%) y T₄ (30%) muestran igualdad entre ellos, superando estadísticamente a una significancia del $p < 0,05$ a los tratamientos T₂ (15%) y T₁ (10%), indicándonos que los tratamientos T₃ y T₄ son los mejores respecto a los tratamientos T₂ y T₁ en el atributo textura evaluado en el pan francés obtenido.

Respecto al atributo sabor, se observó que el tratamiento T₄ (30%), atributo sabor, superó estadísticamente con una significancia $p < 0,05$ a los tratamientos T₃, T₂ y T₁, lo que indicó que el T₄ fue quien tuvo mejor aceptación en el atributo analizado respecto a los demás tratamientos.

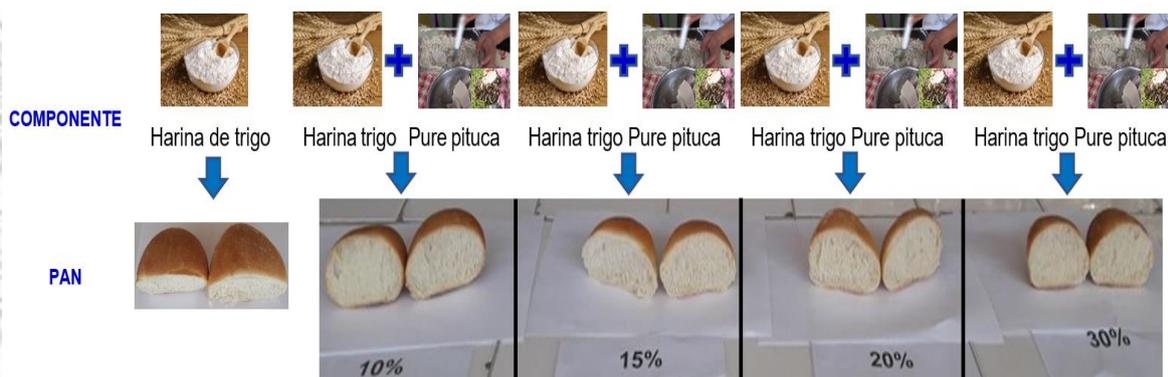


Figura 2. Panes franceses formulados con sustitución parcial de puré de *Colocasia esculenta* VB obtenidas como productos finales.

Tabla 2

Evaluación hedónica de los atributos evaluados en el pan francés sustituidos parcialmente con puré de *Colocasia esculenta* VB (4 repeticiones)

Tratamientos	Atributos del pan francés					
	Apariencia	Olor	Color	Textura	Sabor	Aceptación
T1	7,9 ± 0,43	8,4 ± 0,49	7,8 ± 0,50	7,3 ± 0,48	7,5 ± 0,57	7,6 ± 0,50
T2	7,8 ± 0,38	8,3 ± 0,58	7,6 ± 0,56	8,1 ± 0,45	7,7 ± 0,69	8,0 ± 0,26
T3	7,8 ± 0,38	8,3 ± 0,45	7,6 ± 0,61	8,3 ± 0,45	7,8 ± 0,71	8,2 ± 0,61
T4	7,6 ± 0,72	8,1 ± 0,35	7,6 ± 0,56	8,3 ± 0,47	8,0 ± 0,56	8,3 ± 0,47
R	7,6 ± 0,56	8,0 ± 0,32	7,5 ± 0,63	7,4 ± 0,49	7,5 ± 0,63	7,8 ± 0,53
Signif. 5%	n. s	n. s	n. s	**	n. s	n. s

Así mismo los 30 panelistas semientrenados manifestaron haber percibido mejor suavidad en el tratamiento T₄, lo que coincide con lo investigado por Espino, quienes concluyeron que este efecto puede ser debido a la retención de agua de los almidones de los cormos al momento de la elaboración del puré lo que promueve una mayor humedad en el producto final (Espino & Güemes, 2016).

Se observó que el tratamiento T₄ presentó valores estadísticos significativos al 0,05 en los atributos textura, sabor y aceptación respecto a los otros tratamientos (T₁, T₂ y T₃), indicándonos que T₄ fue el mejor en dichos atributos evaluados y en general fue el que mejor aceptación tuvo.

Del análisis de varianza de los atributos: apariencia, olor y color del pan francés sustituido parcialmente con puré de *Colocasia esculenta* VB, no presentó diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), pues todos los tratamientos presentaron similitud entre sí y al de la referencia (pan francés comercial), según lo evaluado por los 30 panelistas. Mediante la prueba de CMD (pos-test), para los atributos: Apariencia, olor y color del pan francés, se determinó que el mejor tratamiento fue T₄, con una mínima diferencia respecto a los demás tratamientos evaluadas incluyendo la referencia. Hecho coincidente con lo obtenido por Espino, tras evaluar los atributos del producto de panificación elaborado al sustituir parcialmente con puré de *Solanum tuberosum* o *Oxalis tuberosa*, en la que no encontraron diferencias significativas $p > 0,05$ entre las formulaciones (Espino & Güemes, 2016)

Por otro lado, respecto a los atributos de textura, sabor y aceptación del pan francés sustituido parcialmente con puré de *Colocasia esculenta* VB, se observó la existencia de diferencia altamente significativa ($p < 0,05$) en los tratamientos, por lo que se realizó de manera obligatoria la prueba de CMD pos-test en el cual se determinó que el mejor resultado con respecto a los atributos planteados, fue el tratamiento T₄, ya que presentó los mejores atributos en textura, sabor y aceptación por los 30 panelistas.

Lo efectuado por Sahuja Estelo (1995), tras sustituir parcialmente la harina de trigo por harina pre cocida de pituca en la elaboración de fideo, y efectuar las comparaciones múltiples ($p < 0,05$) entre rangos de las muestras determino que los fideos sustituidos con un 20% fue superior a los otros tratamientos practicados, concuerda con lo obtenido en la presente investigación, aunque por lo reportado en los resultados de CMD el T₄ fue mejor respecto a los otros tratamientos.

Se observó diferencias significativas ($p < 0,05$) de los componentes analizados entre los tratamientos, pues al incrementar el porcentaje de puré de *Colocasia esculenta* VB se incrementó el contenido de humedad, proteínas y cenizas; caso contrario respecto al aporte calórico, fracción grasa, carbohidratos y ceniza, tras compararlas con la referencia (pan francés tradicional). Se observó igual comportamiento en la composición. En la Tabla 3 se reportan los análisis químicos de los tratamientos evaluados tras la sustitución parcial de la harina de trigo con puré de *Colocasia esculenta* VB.

Tabla 3

Composición química del pan francés con tradicional y con sustitución parcial con puré de *Colocasia esculenta* (10% al 30%)

Composición	Referencia (tradicional)	T ₁ 10%	T ₂ 15%	T ₃ 20%	T ₄ 30%
Calorías (kcal)	330,85 ± 0,05	331,02 ± 0,01	325,19 ± 0,03	319,36 ± 0,09	307,7 ± 0,09
Humedad (%)	20,50 ± 0,02	20,05 ± 0,02	21,44 ± 0,06	22,84 ± 0,08	24,8 ± 0,06
Proteína (%) N x 6,25	8,60 ± 0,09	9,32 ± 0,04	9,96 ± 0,05	10,55 ± 0,05	11,37 ± 0,08
Grasa (%)	3,73 ± 0,04	3,70 ± 0,05	3,4 ± 0,06	2,88 ± 0,07	2,5 ± 0,03
Carbohidratos (%)	65,72 ± 0,06	65,11 ± 0,02	63,42 ± 0,07	61,70 ± 0,09	59,93 ± 0,09
Fibra (%)	0,6 ± 0,01	0,63 ± 0,06	0,60 ± 0,08	0,58 ± 0,05	0,56 ± 0,07
Ceniza (%)	1,45 ± 0,02	1,82 ± 0,07	1,70 ± 0,05	1,61 ± 0,07	1,5 ± 0,04

Respecto al aporte calórico de los tratamientos evaluados, igualmente con el de referencia, se vio que a medida se incrementó el porcentaje de puré de *Colocasia esculenta* VB, dichos componentes disminuyeron notándose claramente en T₄, T₁ y referencia, ello posiblemente sea a consecuencia de la gelatinización del almidón de la *Colocasia esculenta* VB que lógicamente al modificarse la nueva estructura tendrá otro comportamiento. Respecto a la proteína se observó que al incrementar el porcentaje de puré *Colocasia esculenta* VB en los tratamientos, la proteína se incrementó en niveles superiores inclusive a la referencia, al confrontarla con la investigación de García Cisneros. tras sustituir la harina de trigo con la harina de *Colocasia esculenta* en un 10% obtuvo panes con 9,32% de proteína con buena aceptación, mientras que al sustituirlo con 30% de harina de pituca los panes obtenidos al ser evaluados la aceptación sensorialmente los panelistas manifestaron que percibieron un sabor amargo causando una sensación espinosa por toda la boca y garganta luego de la ingestión, indicando la no aceptación (García Cisneros, 2018). Dicho sabor amargo y la sensación espinosa se debe a la presencia del oxalato de calcio que presenta la pituca (Nieto-Mazzoco et al., 2018). Frente a los resultados obtenidos por Sahuá, se observó que el pan francés sustituido parcialmente con *Colocasia esculenta* VB en un 30%, obtuvo 11,37% de proteínas, lográndose obtener panes con mejor aporte proteico, así mismo en cuanto al sabor fue mejor debido a que la cocción hizo que se eliminara el oxalato de calcio, componente que en la harina infiere el sabor amargo con una sensación espinoso-rasposa en la boca y garganta (Sahuá Estelo, 1995). En el caso de la presente investigación dicho atributo sensorial no fue apreciado por los panelistas, por el contrario, mejoraron los atributos sensoriales de la textura, sabor y aceptación, indicándonos mejoras en los aportes proteicos y sensoriales.

En la Tabla 4 se reporta la no presencia de *Salmonella*, y *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y mohos, se encuentran dentro de los rangos aceptables (RM 591-2008/MINSA-Perú (Criterio VIII.1), MINSA, 2008) que establece las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad de un alimento de consumo humano. En lo que respecta al análisis toxicológico, afirmamos que el pan francés de mejor aceptación T₄ no presenta ninguna toxicidad por presencia de bromato de potasio; todo ello nos indica que es un producto de mejor aceptación T₄ es apto para el

consumo humano con buenos atributos censoriales y proteicas.

Tabla 4
Análisis microbiológico y toxicológico del T₄ sustituido parcialmente (30%) con puré de *Colocasia esculenta* VB

Análisis	Resultados	Método de ensayo
Num. <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	< 3	Recuento de coliformes Técnica del número más probable (NMP). Determinación de coliformes de origen fecal.
Num. <i>Staphylococcus aureus</i> ufc/g Est.	< 10	<i>Staphylococcus aureus</i> en revestimiento de superficie de los alimentos. Método de aislamiento y enumeración.
Num. Mohos ufc/g Est.	< 10 ²	Recuento de mohos y levaduras. Método de recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.
Detección de <i>Salmonella sp</i> / 25 g	Ausencia	Salmonella. Aislamiento de salmonela. Exploración bioquímica para identificación de salmonelas. Prueba serológica para la identificación de salmonella ítem I, II, III.
Bromato de potasio	Negativo	Bromatos y yodatos en harina blanca y de trigo integral.

4. Conclusiones

Con el objetivo de sustituir parcialmente la harina de trigo con pituca en panes tipo francés, se empleó la pituca en forma de puré. De los resultados obtenidos se muestra que la sustitución de puré de pituca al 30% en la formulación base, no afectan las características sensoriales significativamente ($p < 0,05$) (30 panelistas semientrenados), mejorando los aportes nutricionales: 307,7 kcal, humedad 24,8%, Proteínas 11,37%, grasa 2,5%, carbohidratos 59,93%, fibra 0,56 y ceniza 1,5%, y microbiológica ser apto para el consumo humano, pues los valores se encuentran dentro de lo indicado por la RM 591-2008/MINSA-Perú (Criterio VIII. 1), respecto al pan francés comercial. Recomendando efectuar trabajos de escalamiento a nivel piloto e industrial con sustitución parcial de puré de pituca en diversos productos horneados como pastelería básica y fina, así mismo efectuar investigaciones con puré de otras variedades de pituca provenientes de diversas regiones de la selva del Perú.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga por las facilidades dadas a la investigación efectuada, en el uso y empleo de sus laboratorios y Centro Experimental de Panificación-UNSCH e igualmente al Técnico Rufino Segovia Chalco por el apoyo brindado en la efectivización y culminación de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Alcántara, R. G. D., Fukumasu, H., Raspantini, P. C. F., Raspantini, L. E. R., Steel, C. J., Oliveira, L. D. C., ... & Vanin, F. M. (2020). Baking effect on resistant starch digestion from composite bread produced with partial wheat flour substitution. *Journal of Food Quality*, 2020, 1-13.
- Calvo-Carrillo, M. D. L. 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.*). *Biotecnía*, 22(3), 116-124.
- 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, 103649.
- Cerda-Cova, V., & Vázquez-Chávez, L. (2017). Diferentes masas de trigo prefermentadas usadas para mejorar la calidad del pan. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 60-64.
- Chamorro, R. A. M., & Alegre, K. I. M. (2010). Elaboración de pan con sustitución parcial de harina pre cocida de ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Revista de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 31-35.
- Chemonics Internacional INC. (2004). El cultivo de Malanga Coco (*Colocasia esculenta*). Millennium Challenge Corporation. Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. 15 p.
- Chirinos Leal, W., Bracho Espinoza, H., Torres, I., Navas, P., Vargas, N., Hernández, R., & Barrera, W. (2017). Valor nutritivo de panes con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de tapirama (*Phaseolus lunatus L.*). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(1), 52-60.
- Costa, R. T. D., Silva, S. C. D., Silva, L. S., Silva, W. A. D., Gonçalves, A. C. A., Pires, C. V., ... & Trombete, F. M. (2020). Whole chickpea flour as an ingredient for improving the nutritional quality of sandwich bread: Effects on sensory acceptance, texture profile, and technological properties. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 933-940.
- Cuba, M. (2018). Instructivo técnico del cultivo de la malanga. Dirección de Agricultura, Ministerio de la Agricultura. *La Habana*, 1-29.
- Espino, M. S. O., Alfaro, R. R. H., & Güemes, V. N. (2016). Evaluación de los atributos de textura: suavidad y esponjosidad de un pan tipo pambazo con distintas formulaciones. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 606-611.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Situación Alimentaria Mundial*. Recuperado de <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Galván-Navarro, A., Rendón-López, J. M., Barragán-Pacheco, A., Nieto-Mazzocco, E., & Ozuna, C. (2019). Propiedades Físicas y Sensoriales de Productos Panificables Libres de Gluten con la Adición de Almidón de Yuca y Goma Xantana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 30-37.
- García Cisneros, M. Á. & De La Cruz, E. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad del pan francés. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. Perú.
- Gutiérrez-Castillo, C., Alcázar-Alay, S., Vidaurre-Ruiz, J., Jimena Correa, M., Cabezas, D. M., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Encina-Zelada, Ch. R. (2022). Effect of partial substitution of wheat flour by quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) and tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) flours on dough and bread quality. *Food Science and Technology International*, 0(0). doi: 10.1177/10820132221106332.
- Gwtowski, Emily, D., Witen, D., Green, R. D. K., Rigaux, BSc, B., Berstein, M. D., Graff, L., ... & Silvester, M. D. (2020). Can individuals with celiac disease identify gluten-free foods correctly? *Clinical Nutrition ESPEN*, 36, 82 - 90.
- He, X., Li, X., Chen, D., Huang, S., & Tao, N. (2023). Effect on bread properties of partial substitution of wheat flour with oat flour and flour from oat grain germinated in the light or dark. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(4), 1979-1986.
- Inacal. (2016). *Panadería, pastelería y galletería. Pan Francés. Requisitos*, NTP 106.004, 1-20.
- Indecopi. (2015). *Harina de trigo para consumo humano. Requisitos*. 2.0 NTP 205.064, 1-16.
- Lerner, A., Shoenfeld, Y., & Matthias, T. (2017). Adverse effects of gluten ingestion and advantages of gluten withdrawal in nonceliac autoimmune disease. *Nutrition Reviews*, 75(12), 1046-1058.
- Leyva, L. F. (2020). Taro o Malanga. *Tuberculos.org*. Recuperado de <https://www.tuberculos.org/taro-malanga/>.
- Manfugás, J. E. (2020). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Mellado, M. D. L. M. S., & Haros, M. (2016). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0216>
- Miaomiao, Gu., Tingting, Hong., Yongshuai, Ma., Jinzhong, Xi., Qiyang, Zhao., Dan, Xu., ... & Xueming Xu. (2022). Effects of a commercial peptidase on rheology, microstructure, gluten properties of wheat dough and bread quality. *LWT*, 160, 113266.
- Milián-Jiménez, M. D. (2018). Recursos genéticos de la malanga del género *Xanthosoma Schott* en Cuba. *Cultivos tropicales*, 39(2), 112-126.
- Minsa. (2008). *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. RM 591. 2008, 1-23. Lima, Perú.
- Nieto-Mazzocco, E., Rangel-Contreras, A. K., Saldaña-Robles, A., Abraham-Juárez, M. R., & Ozuna, C. (2018). Caracterización de harinas libres de gluten y su incorporación en productos de panificación. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 11-16.
- Ninahuanca, C. (2022). ¿Cómo impacta en Perú alza de precio del grano en el mercado mundial? *Adina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-trigo-como-impacta-peru-alza-precio-del-grano-el-mercado-mundial-888864.aspx>.
- Olajunju, 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.
- Orcottoma, A. F. M. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). *Espacio y desarrollo*, (24), 97-117.
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., & Mori-Arismendi, S. (2016). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soja en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia agropecuaria*, 7(2), 121-132.
- Peñaloza-Espinoza, J., Salgado-Cruz, M. P., Chanona-Pérez, J. J., & Calderón-Domínguez, G. (2017). Efecto de las condiciones de homeo sobre el desarrollo de color y su relación con la capacidad antioxidante en pan dulce. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 8-14
- Ponce, J., Málaga, J., Huamani, A., & Chuqui, S. (2016). Optimización de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales del pan francés. *Agroindustrial Science*, 6(2), 185-194.
- Púa, A. L., Barreto, G. E., Zuleta, J. L., & Herrera, O. D. (2019). Análisis de Nutrientes de la Raíz de la Malanga (*Colocasia esculenta Schott*) en el Trópico Seco de Colombia. *Información tecnológica*, 30(4), 69-76.
- Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Instituto Nacional de Salud.

- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199-208.
- Sahua Estelo, G. G. (1995). Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo por harina precocida de pituca (*Colocasia esculenta*). Tesis licenciatura. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Salazar, D., Acurio, L., Pérez, L., Valencia, A., & Cuzco, J. (2015). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por achogcha (*cyclanthera pedata*) en la elaboración de pastas tipo tallarin. *Agroindustrial Science*, 5(2), 103-108.
- Scherf, C. (2019). Immunoreactive cereal proteins in wheat allergy, non-celiac gluten/wheat sensitivity (NCGS) and celiac disease. *Current Opinion in Food Science*, 25, 35 - 41.
- Seyed Pezhman, Hosseini Shekarabi, & Mahsa Shahbazi (2022). Partial Substitution of Wheat Flour with Fish Protein Powder Influences Physicochemical, Rheological, and Sensory Properties of the Flour, Dough, and Bread. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31(1), 2-18.
- Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga. *Ciencias e Ingeniería al Día*, 30-35.
- Torres-Rapelo, A. L., Montero-Castillo, P. I. E. D. A. D., & Julio-González, L. C. (2014). Utilización de almidón de Malanga (*Colocasia esculenta* L.) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 97-105.
- Udomkun, P., Masso, C., Swennen, R., Romuli, S., Innawong, B., Kuate, A., & Vanlauwe, B. (2022). Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales, fotoquímicas y sensoriales del pan con harinas de plátano y soya en reemplazo parcial de la harina de trigo. *Ciencia de los Alimentos y Nutrición*, 3085-3097.
- Waleed, A. A., Mahdi, A. A., Li, Y., Qian, H., & Wang, L. (2018). Optimization and acceptability evaluation of shapporah biscuits formulated by different ingredients: using response surface methodology (RSM). *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(3), 192-199.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. CIID, Ottawa, ON, CA.

