

Formulación y análisis proximal y sensorial de pastas a base de sorgo y almidón de sorgo

Karen Elizabeth Trejo-Cuevas¹ , Guadalupe Rodríguez-Castillejos¹ , Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez² ,
María Cristina Hernández-Jiménez¹ , Humberto Martínez Montoya¹ , Octelina Castillo Ruíz² .

Resumen: Formulación y análisis proximal y sensorial de pastas a base de sorgo y almidón de sorgo.

Introducción: En las últimas décadas ha crecido el interés por alimentos saludables, de fácil adquisición y preparación; lo que da potencial al aprovechamiento de materias primas nuevas o a menor costo; pero además se requiere que sean aceptadas por la mayor parte de la población y aporten nutrientes adecuados.

Objetivo: Formular y analizar proximal y sensorialmente pastas de sorgo blanco adicionadas con almidón aislado de sorgo para obtener un alimento nutritivo de fácil aceptación y libre de gluten.

Materiales y métodos: Se formularon tres pastas de sorgo blanco cambiando la concentración de almidón presente (5, 10 y 15%); posteriormente, se realizó un análisis sensorial mediante una escala hedónica de 7 puntos a panelistas no entrenados, y análisis proximal mediante métodos oficiales de la AACC. Se realizó una comparación de medias para encontrar diferencias significativas entre las formulaciones. **Resultados:** Las pastas tuvieron una aceptación general de 5 ("me gusta moderadamente"); en cuanto al contenido proximal, destaca un porcentaje de proteínas de 14,7 a 15,5%, cenizas 1,96 a 2,09% lípidos de 2,8 a 4,5%, fibra cruda 1,5 a 2,4% y baja humedad (4,16 a 4,98%). Como era de esperarse el contenido de almidón de la pasta aumento conforme se aumentó el porcentaje de este compuesto. **Conclusiones:** El contenido nutricional de las formulaciones destaca por el alto contenido de proteínas y cenizas; por lo que las formulaciones pueden mejorarse para ofrecer una alternativa saludable y económica para la población en general, incluyendo los pacientes celiacos y alérgicos al gluten. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 234-242.**

Palabras clave: pastas, libre de gluten, alimentos alternativos, aceptación, análisis.

Abstract: Formulation and proximal and sensory analysis of sorghum-based pastas and sorghum starch. **Introduction:** In recent decades, there has been growing interest in healthy foods that are easy to purchase and prepare, which has led to the potential use of new or lower-cost raw materials. However, these foods must also be accepted by most of the population and provide adequate nutrients. **Objective:** To formulate and analyze, proximally and sensorily, white sorghum pastas with added sorghum starch isolate to obtain a nutritious, easily accepted, gluten-free food. **Materials and methods:** Three white sorghum pastas were formulated by changing the starch concentration (5, 10, and 15%). Subsequently, a sensory analysis was performed using a 7-point hedonic scale by untrained panelists, and a proximate analysis was performed using official AACC methods. A comparison of means was performed to find significant differences between the formulations. **Results:** The pastas had an overall acceptance rating of 5 ("moderately like"); in terms of proximate content, the protein content stood out at 14.7 to 15.5%, ash 1.96 to 2.09%, lipids 2.8 to 4.5%, crude fiber 1.5 to 2.4%, and low moisture (4.16 to 4.98%). As expected, the starch content of the pasta increased as the percentage of this compound increased. **Conclusions:** The nutritional content of the formulations stands out for its high protein and ash content; therefore, the formulations can be improved to offer a healthy and economical alternative for the general population, including celiac patients and those allergic to gluten. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 234-242.**

Keywords: pasta, gluten-free, alternative foods, acceptance, analysis.

Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) está posicionado como el quinto cereal con mayor importancia mundial, y ocupa el segundo lugar de producción en cereales secundarios después del mijo (1). Es considerado una buena alternativa

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Reynosa, Tamaulipas, México. ²Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas, México. Autor para la correspondencia: Guadalupe Rodríguez Castillejos, e-mail: gcastillejos@docentes.uat.edu.mx



para la fabricación de alimentos dirigido a la alimentación humana. Esta planta tiene ventajas sobre el maíz, como por ejemplo su tolerancia al calor y la salinidad, puede adaptarse y germinar en una extensa variedad de suelos con un aporte limitado de nutrientes (2). Al carecer de gluten y tener un buen aporte de vitamina B (B1, B3, B6 y B12), minerales e hidratos de carbono, es una opción favorable para pacientes celíacos o alérgicos al gluten, lo cual se considera un problema de salud creciente ya que es una de las enfermedades digestivas prevalentes a nivel mundial, afectando aproximadamente al 1% de la población global (3). El sorgo se clasifica según su uso en tres tipos: el sorgo forrajero destinado a la alimentación ganadera, el sorgo granífero utilizado para la alimentación humana y el sorgo escobero empleado en la producción de biomasa para diversos productos (4). El sorgo forrajero es una de las gramíneas más cultivadas a nivel mundial reconocido por su alta producción de biomasa, gran valor nutritivo, su alta tolerancia a la sequía y su adaptabilidad a suelos con fertilidad baja. Este tipo de sorgo se utiliza con frecuencia para la alimentación de bovinos. Sin embargo, posee una alta concentración de taninos lo que no lo hace factible en la alimentación humana, por lo que para el consumo humano se utilizan los sorgos blancos (sorgo granífero) (4,5).

Por lo anterior, el sorgo blanco es una alternativa al uso de trigo en alimentos de alto consumo como las pastas; estas constituyen una utilización especial de los cereales para la alimentación humana, su bajo contenido de humedad favorece su conservación, manteniendo sus características organolépticas y nutricionales (6). La pasta es un alimento que se obtiene en consecuencia de la deshidratación de una masa sin fermentar fabricada a base de harina, sémolas o semolinas derivadas del trigo y agua potable (7). Actualmente estas formulaciones son un alimento fundamental en nuestra dieta, ya que proporciona macro y micronutrientes necesarios para las diversas funciones del organismo; por ejemplo, los carbohidratos presentes aportan energía y las vitaminas de los cereales base de las

pastas, promueven la salud cardíaca y muscular. (8,9). Dependiendo del tipo de carbohidrato que se encuentre presente en la pasta, su consumo puede regular la concentración de glucosa en sangre o el metabolismo de los lípidos de la persona que la consuma; una de las razones por las que esto sucede es por la presencia de almidón resistente (AR) y fibra soluble (FS) (10,11). El estado de Tamaulipas es el mayor productor de sorgo en México; sin embargo, en el estado y México en general son pocos conocidos y aprovechadas las variedades de sorgo blanco; por ello el objetivo del presente estudio fue formular y evaluar pastas de sorgo blanco adicionadas con almidón de sorgo para obtener un alimento nutritivo de fácil aceptación y libre de gluten.

Materiales y métodos

Materia prima

Para la elaboración de las pastas se utilizaron granos de sorgo blanco variedad Sureño y el almidón se obtuvo de granos de sorgo blanco variedad Mazatlán; la selección se basó en estudios anteriores en los que se determinaron el contenido proximal y composición de almidón de diferentes variedades de sorgo blanco (4,5). Ambas variedades fueron donadas por el INIFAP Campo Experimental Río Bravo, ubicado en la ciudad de Río Bravo, Tamaulipas. Para la preparación de las harinas se siguió el procedimiento utilizado por Treviño-Salinas *et al.* (4). El presente estudio se llevó a cabo de mayo 2024 a febrero del año 2025.

Extracción del almidón

La harina de sorgo blanco de la variedad Mazatlán fue tamizada con una malla 40 U.S. Posteriormente, se implementó el método reportado por Wang y Wang (12) modificado por Reyes-Gallardo *et al.* (5), de la siguiente manera se mezcló una parte de harina por dos de NaOH (0,1%) y se dejó reposar por 18 horas. Transcurrido el tiempo, la harina húmeda se trituro en una licuadora casera en la velocidad más alta durante dos minutos. La suspensión se tamizó en mallas 100, 200 y 270 U.S., los residuos se enjuagaron constantemente con agua destilada hasta que el líquido presentó un color claro, lo que indica que se recuperó todo el almidón. A la suspensión se midió el pH y se añadió HCl (1,0 M) hasta un rango de 6,5 a 7; la suspensión obtenida se centrifugó a 1400 rpm por

10 minutos en una centrifuga SOLBAT C-40, este paso se repitió tres veces. El almidón obtenido fue secado en un horno de secado (HUITAI DHG-9145A) con recirculación de aire a 45°C por 72 horas; finalmente se sometió a un proceso de molienda, se pesó y se almacenó en un recipiente de sellado hermético hasta su uso.

Formulación y evaluación de la pasta

Para la realización de los diferentes tratamientos se utilizó harina de sorgo de la variedad Sureño, añadiendo almidón de sorgo de la variedad Mazatlán, se formularon tres tratamientos modificando el porcentaje de harina de sorgo-almidón en las siguientes proporciones 95-5% (T1) 90-10% (T2) y 85-15% (T3) (Tabla 1); además se agregó huevo, agua y 5% de goma xantana a todas las formulaciones, ambos con la finalidad aumentar la capacidad de atrapar agua evitar una pasta quebradiza. Los ingredientes se mezclaron de manera manual hasta formar una masa, seguido de esto se colocó en una bolsa de sellado hermético y se dejó reposar por 15 minutos; transcurrido este tiempo, se sacó la masa de la bolsa y se pasó por la máquina de pastas (Newhai WWX9) para que dar el grosor y forma deseada. Finalmente se colocó la pasta en una charola de aluminio y se llevó a secar horno de secado (HUITAI DHG-9145A) con recirculación de aire a una temperatura de 50 °C por 24 horas.

Posteriormente, se realizó una evaluación sensorial de aceptación en la cual 45 panelistas no entrenados, quienes evaluaron las pastas elaboradas mediante una escala hedónica de 7 puntos; 1 Me disgusta mucho,

2 Me disgusta, 3 Me disgusta moderadamente, 4 Ni me gusta ni me disgusta, 5 Me gusta moderadamente, 6 Me gusta, 7 Me gusta mucho; en este análisis se utilizó una pasta comercial (PCT) para comparar los resultados con las pastas de sorgo; aunque la PCT es una pasta de trigo, son las pastas más conocidas y comercializadas, por lo que los consumidores tienen como parámetros de aceptación ese tipo de pastas. Los panelistas evaluaron color, olor, sabor, textura y aceptación general; las pastas se sirvieron calientes, sazonadas con mantequilla y sal. También se determinó el contenido proximal de las pastas utilizando los métodos descritos por la Asociación de Cereales y Granos" (AACC por las siglas en inglés de *American Association of Cereal Chemists*) (13). La humedad se determinó por secado en estufa 44-15.02, cenizas totales por combustión 08-03.01, fibra cruda 32-10.01, proteína cruda por método de Kjeldahl 46-13.01, grasas por Soxhlet 30-10.01; mientras que los carbohidratos se obtuvieron por diferencia. Finalmente se realizó la determinación del almidón total mediante el método del yodo (14) utilizando un estándar de almidón de maíz (Sigma Aldrich código S5296). Todas las mediciones del contenido proximal se llevaron a cabo por triplicado.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados con estadística descriptiva, se reporta media y desviación estándar. Para los resultados de la evaluación sensorial se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis; posteriormente se realizó una comparación de medianas por Holm- Bonferroni. Para los resultados de contenido proximal y almidón total se empleó un análisis de varianza para determinar si existían diferencias estadísticas dentro de los tres tratamientos. Previamente se hicieron pruebas de normalidad y de homocedasticidad de varianzas para determinar la prueba a realizar. Tanto el Shapiro Test como la prueba de Levene indicaron normalidad en los datos y varianzas iguales. Por lo que se empleó la prueba paramétrica de Fisher para posteriormente

Figure 1. Formulaciones de los diferentes tratamientos por cada 100 g de mezcla de harina de sorgo-almidón.

Materia prima	T1	T2	T3
Harina de sorgo Sureño	95 g	90 g	85 g
Almidón de sorgo Mazatlán	5 g	10 g	15 g
Goma xantana	5 g	5 g	5 g
Huevo	1 pza	1 pza	1 pza
Agua	40 ml	40 ml	40 ml

realizar una comparación de medias por Holm- Bonferroni. Se utilizó el software R Studio versión 4.3.0 2023.

Resultados

Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial y de la prueba de comparación de medias se muestran en la tabla 2, donde T1, T2 y T3 indican los tratamientos y PCT es la pasta comercial (de trigo). Se encontró que la PCT tuvo la mayor aceptación en todos los parámetros, mostrando diferencias estadísticas con las pastas de sorgo; en cuanto a las pastas formuladas con harina de sorgo, adicionados con almidón, el T3 (15% almidón) obtuvo una mayor aceptación en los atributos del color, sabor, textura y aceptación general. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las tres pastas formuladas. Otro aspecto importante para evaluar en las pastas alimenticias es la textura. En las pastas formuladas, los panelistas señalaron poca aceptación de la textura en las pastas sorgo-almidón en comparación con la pasta comercial. Finalmente, para el análisis sensorial, el atributo de aceptación general del producto, nuevamente el tratamiento con mayor aceptación fueron las pastas de la formulación T3 (4,80).

Análisis proximal

El resultado del análisis proximal de los diferentes tratamientos de la pasta sorgo-almidón se observan en la tabla 3. En lo que respecta a la humedad de las pastas formuladas, se observó que el T1 y T3 fueron los de mayor contenido (4,9%) en comparación con el T2 (4,16%). En el caso del contenido de cenizas, se encontró que la pasta con 15% almidón (T3) tiene el valor más alto con 2,09% ($p \leq 0,05$), con respecto las otras formulaciones. En cuanto al contenido de grasa en las tres pastas, siendo mayor en el T3 (4,50%), seguido de T2 (3,80%) y T1 (2,83%); encontrándose diferencias significativas entre las formulaciones ($p \leq 0,05$). Por otro lado, la fibra es un macronutriente que contribuye a la saciedad; en las pastas formuladas el

Tabla 2. Resultados de la evaluación sensorial de las pastas formuladas.

	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación
T1	3,76 ± 1,63b	4,80 ± 1,61b	4,51 ± 1,87b	3,38 ± 1,69b	4,49 ± 1,53b
T2	4,16 ± 1,41b	4,96 ± 1,69b	4,27 ± 1,69b	3,53 ± 1,47b	4,29 ± 1,54b
T3	4,20 ± 1,56b	4,82 ± 1,64b	4,64 ± 1,66b	3,96 ± 1,65b	4,80 ± 1,39b
PCT	6,53 ± 0,66a	5,93 ± 1,23a	6,58 ± 0,86a	6,47 ± 0,86a	6,58 ± 0,58a

Resultados expresados en porcentaje. Letras diferentes indican diferencias significativas. T1: pasta con 5% almidón, T2: pasta con 10% almidón, T3: pasta con 15% almidón, PCT: pasta de trigo (comercial) control.

porcentaje de fibra cruda fue mayor en el T3 (2,44%); sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$). Con lo que respecta al contenido de proteína presente en las diferentes pastas sorgo-almidón, el T2 presentó mayor (15,56%), mientras que el menor porcentaje fue en el T3 (14,73%), sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre ellos ($p \geq 0,05$). Finalmente, el porcentaje de carbohidratos se obtuvo por diferencia, encontrándose que el T1 posee mayor contenido (73,47%); sin embargo, no existen diferencias significativas entre las formulaciones. ($p \geq 0,05$).

Tabla 3. Resultados del análisis proximal de los diferentes tratamientos de pasta sorgo-almidón.

Parámetro	T1	T2	T3
Humedad	4,98 ± 0,06a	4,16 ± 0,05b	4,97 ± 0,16a
Cenizas	2,01 ± 0,01b	1,96 ± 0,01b	2,09 ± 0,04a
Lípidos	2,83 ± 0,22c	3,80 ± 0,01b	4,50 ± 0,16a
Fibra	1,59 ± 0,27b	1,83 ± 0,24ab	2,44 ± 0,42a
Proteína	15,1 ± 0,51a	15,5 ± 0,38a	14,7 ± 0,33a
Carbohidratos	73,47 ± 0,00a	72,69 ± 0,00a	71,66 ± 0,00a

Resultados expresados en porcentaje como media más/menos desviación estándar ($X \pm SD$). Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: pasta con 5% almidón, T2: pasta con 10% almidón, T3: pasta con 15% almidón

Tabla 4. Promedio del porcentaje de almidón total en las pastas formuladas.

Tratamiento	Almidón*
T1	58,02 ± 0,002c
T2	65,01 ± 0,006b
T3	73,01 ± 0,005a

Se muestra el promedio de tres mediciones y la DE. Letras diferentes indican diferencias significativas. T1: pasta con 5% almidón, T2: pasta con 10% almidón, T3: pasta con 15% almidón

Porcentaje de almidón total

El porcentaje de almidón total de las tres diferentes pastas de sorgo-almidón se observan en la tabla 4; hubo un incremento en el porcentaje de almidón con la adición de este componente aislado del grano, lo cual era lo esperado.

Discusión

Las formulaciones de pastas secas no mostraron flexibilidad; lo anterior se debe a que la harina de sorgo no contiene gluten, el cual es una proteína que le da elasticidad a la masa (15,16); por lo que se le añadió goma xantana (5%) como único aditivo, esto con la intención de darle la consistencia moldeable a la masa y facilitar su preparación (17). Sin embargo, el uso de sorgo en pastas alimenticias es útil para la población en general, principalmente para pacientes con alergia o intolerancia al gluten (18). En la evaluación sensorial, la formulación con 15% de almidón añadido tuvo mejor aceptación en cuanto a color, textura y aceptación general; este carbohidrato tiene diversos beneficios a la salud además de aportar mejoras a la pasta, mejorando algunas características organolépticas (olor, sabor, color, textura) (19,20). Sin embargo, es importante mencionar que la pasta con mayor aceptación y con diferencias significativas con las formuladas, fue la pasta comercial de trigo; las formulaciones de sorgo tuvieron menos aceptación por los panelistas. La impresión inicial que tiene

un consumidor de un alimento se basa principalmente en su color y apariencia, lo cual condiciona sus preferencias y afecta su decisión de compra; por ello es importante realizar análisis sensoriales en productos nuevos.

El color está directamente relacionado con las características sensoriales y la composición química de los alimentos, siendo crucial para definir su calidad (21); el color de la pasta varía dependiendo de las características del grano, la molienda y el secado; por lo que al ser una pasta con harina integral su coloración es más oscura que una pasta elaborada con harinas de trigo como suele ser con la pasta comercial. Ramírez *et al.* (22), realizaron una evaluación sensorial a pastas elaboradas con harinas compuestas de trigo y frutopán, obteniendo el valor para el atributo del olor de 4,80, siendo más bajo que el obtenido en este trabajo por el T2 (4,96) y similar al T1 y T3 (4,80). Aunque el olor y el color son características sensoriales importantes para el consumidor, es necesario evaluar el sabor de los alimentos debido a que es uno de los factores que más impactan en su aceptación (23). En el presente estudio, se encontró las pastas de sorgo con almidón no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$), con un valor promedio de 5, lo que en la escala hedónica utilizada significa “me gusta ligeramente”; mientras que la pasta control obtuvo un promedio de 6 (“me gusta moderadamente”). Esta diferencia puede deberse primeramente a que habitualmente las personas consumen pastas de trigo y también a que las pastas elaboradas no han sido sujetas a un proceso de industrialización. Un resultado similar al encontrado en este trabajo en el atributo de sabor (4,64) fue reportado por Ramírez *et al.* (22) en una pasta de harina de trigo (90%) y frutopán (10%), obteniendo un puntaje promedio de 4,60 en una escala hedónica de siete puntos.

La textura de las pastas está determinada por parámetros como pegajosidad, firmeza y elasticidad. La pegajosidad es la sensación global que permanece en la boca después de la deglución, la firmeza representa la resistencia al masticar, mientras que la

elasticidad es el grado de adhesión que se obtiene al masticar (24). En las pastas formuladas, los panelistas señalaron poca aceptación de la textura, esto puede deberse a que se utilizó una harina de grano entero y no una harina refinada, además que la adición de almidón modifica la textura de la pasta (25). En un estudio realizado por Granito y Ascanio (26), formularon pastas de leguminosas y evaluaron su aceptabilidad mediante una escala hedónica con 50 panelistas no entrenados; sin embargo, para su prueba usaron mantequilla con perejil y salsa de tomate, consiguiendo así una respuesta más favorable por parte de los evaluadores. Mencionaban que esto podría deberse a la familiaridad de estos condimentos en los hábitos alimenticios populares y a su capacidad para enmascarar ciertos atributos medibles de las pastas. Estos hallazgos sugieren que la aceptación de las pastas sorgo-almidón podría mejorar al servirse con salsas o condimentos. Sin embargo, en este trabajo las pastas se presentaron sin ingredientes extras para no disfrazar los verdaderos puntajes.

Análisis proximal

Dussán-Sarria *et al.* (27) analizaron el contenido proximal de diferentes formulaciones de pastas a base de harina de quinua y harina de chontaduro, reportando que la pasta que contenía sémola de trigo, quinua y chontaduro presentó el menor valor de contenido de humedad (7,58%) este resultado es más alto comparado con las pastas formuladas en el presente estudio. En otro estudio, Chaparro-Acuña (28), analizó el contenido de humedad de un producto tipo pasta elaborado a base de harina de trigo con residuos de plátano hartón frito y también reportaron un contenido alto de humedad (12,5%). El contenido de humedad en los alimentos es importante debido a que un valor alto se relaciona con un mayor crecimiento microbiano, reacciones enzimáticas y químicas no deseadas, lo que lleva a una menor vida de anaquel (29). En las formulaciones sorgo-almidón el porcentaje de humedad fue menor al 5%, lo cual permite conservar el alimento por más tiempo y evitar el crecimiento microbiano.

El contenido de cenizas representa los minerales del alimento, en las pastas se encontró que el T3 tiene el valor más alto (2,09%) y hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a el T1 y T2. En un estudio realizado por Vellore *et al.* (30), analizaron la composición proximal de diferentes harinas utilizadas en la formulación de pastas alimentarias, encontrando en la harina de sémola de trigo duro un contenido de 0,80% y en la harina de mijo-sorgo 1,70%, siendo ambos valores menores a los reportados en el presente estudio. Esto puede deberse a que estos autores solo evaluaron el contenido de las harinas y no el producto final. Sin embargo, en otro estudio realizado por Granito y Ascanio (26), evaluaron pastas de trigo con leguminosas reportando valores de cenizas totales de 1,1% y 1,2% lo cual sigue siendo más bajo que el reportado en este estudio. Por lo anterior, las pastas formuladas tienen un mayor contenido de minerales que la de los estudios mencionados, lo cual puede tener beneficios a la salud de consumidor.

Por otro lado, el porcentaje de lípidos en las pastas de sorgo varió de 2,8 a 4,5%; Treviño-Salinas *et al.* (4) reportó que la variedad de sorgo sureño contiene ácidos grasos poliinsaturados por lo que el aumento podría considerarse benéfico. Bolarinwa y Oyesiji (31) reportaron para diferentes formulaciones de pastas libres de gluten a base de arroz-soja un contenido de lípidos entre 3,5 a 5,7%, mayor al presente estudio. Osorio-Díaz *et al.* (32), reportaron para dos pastas con mezclas de harina de garbanzo y trigo valores de 3,3% y 4,1% siendo estos más bajos que los obtenidos por el T3 del presente estudio; el aumento de grasa en las formulaciones con mayor porcentaje de almidón puede deberse a grasa como impureza en el almidón adicionado. Por otro lado, la fibra en las pastas formuladas tuvo valores de 1,5 a 2,4%, este contenido es alto comparado por lo reportado en otros estudios con pastas sin gluten. En pastas arroz-soja se reportó un contenido de fibra entre 0,90 a 1,32%, siendo menor al presente estudio (31). En lo referente al contenido de proteínas en las formulaciones, los resultados son similares a lo reportado para pastas de trigo y otros cereales o leguminosas, lo que sugiere que las pastas de sorgo son una alternativa saludable con el contenido proximal requerido. Ramírez *et al.* (22), analizaron la proteína contenida en una pasta hecha a base de harina de sémola de trigo (14,87) y harina de frutopán (13,99%), estos resultados son menores comparado con la cantidad de proteína que presentó el T2 elaborado en este estudio. Dussán-Sarria *et al.* (33), reportaron un contenido de proteína de 15,68%

en una pasta empleada con harina de sémola de trigo y harina de quinua, similar al T2 del presente estudio. Las proteínas de sorgo están compuestas por un 30% de albúminas, globulinas y glutelinas y el 70% de prolaminas solubles en alcohol conocidas como kafirinas; la acumulación de éstas hace que el cuerpo proteico cambie de una forma esférica a una reticulada, lo que se cree que favorece al metabolismo de proteínas al mejorar la accesibilidad a las proteasas del estómago (Waseem et al., 2022); como se ha mencionado, el sorgo es libre de gluten, lo que lo convierte en un cereal adecuado para las personas intolerantes o alérgicas a esta proteína.

Finalmente, el contenido de carbohidratos disminuyó en el T3 debido al incremento en la proporción de almidón de sorgo en la muestra, eso tiene relación con el aumento en el contenido de fibra, ya que parte del almidón presente en el sorgo es considerado almidón resistente; sin embargo, no tuvo diferencia significativa. Vellore et al. (30) reportaron en harinas de trigo y mijo-sorgo para la formulación de pastas alimenticias un contenido de carbohidratos entre 70,80 a 72,59%; igualmente en otro estudio realizado por Dussan-Sarria et al. (33) reportaron en diferentes formulaciones de pastas con harina de quinua y chontaduro un contenido de carbohidratos entre 70,38 a 72,80%, siendo semejantes a los encontrados en el presente estudio.

Con lo que respecta al contenido de almidón total en las pastas formuladas en el presente trabajo se puede observar que hay un incremento en el porcentaje (Tabla 4); el T3 obtuvo el mayor valor con 73% con diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Osorio-Díaz et al. (32) analizaron el contenido de almidón total en dos formulaciones de pastas con harina de garbanzo y trigo obteniendo valores de 68,2% y 66,9%, siendo menor que el reportado por el T3 del presente estudio. El almidón es el mayor componente de las gramíneas, siendo importante en la alimentación humana por su gran aportación de energía (35; 36); esta molécula está compuesta por unidades de glucosa; sin embargo, no todo el almidón se degrada hasta dicho monosacárido durante la digestión (37,38). Esto se debe a que parte del almidón de sorgo es de tipo resistente o de baja digestibilidad, y que además tiene efectos benéficos sobre la salud (39, 40). En la industria alimentaria, el almidón se usa como aditivo para la fabricación de helados, conservas y cárnicos (41). En estos tiene como una de sus funciones, brindar propiedades nutricionales y funcionales deseables; en el caso de las pastas formuladas se añadió para

mejorar la retención de agua y mejorar la textura (42). Los almidones modificados como aditivos mejoran sus propiedades sensoriales y aumentan la vida útil de los productos, siendo fundamentales en la elaboración industrial de alimentos como pan, galletas y pasta (43). La gelatinización es una propiedad funcional crucial de los almidones en su uso industrial (44). Ligardo et al., (45) emplearon almidón de frijol zaragoza (*Phaseolus lunatus*) como espesante en la elaboración de una compota, subrayando la importancia de este polisacárido para conferir características funcionales esenciales al producto final, especialmente en sistemas de procesamiento con altas temperaturas.

Por otro lado, la fabricación de productos libres de gluten implica una mezcla que combina sorgo y almidón, donde el sorgo debe constituir al menos el 50% del contenido. En la fabricación de pan, el almidón se utiliza para dispersar las partículas del endospermo y del salvado presentes en la harina, asegurando la integridad del gel del almidón promoviendo uniformidad al evitar interferencias de películas líquidas procedentes de células sin gluten (46). El almidón mejora la consistencia de la pasta, mejorando la textura permitiendo una mayor aceptación por el consumidor.

Conclusiones

Las pastas formuladas son libres de gluten y tuvieron una aceptación moderada entre los panelistas; en cuanto a la composición proximal destaca el proteico mayor a 14%, lo cual está por encima de las pastas comerciales; lo que las posiciona como una alternativa saludable para toda la población; aunado a que el sorgo es un cereal más económico que el trigo u otros cereales utilizados para pastas alimenticias. Por lo anterior, las pastas de sorgo formuladas podrían ser una alternativa alimenticia adecuada, económica y de fácil aceptación por la población; es importante estudiar otras propiedades tecnológicas del producto desarrollado con la finalidad de aumentar la aceptación.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México por la beca para estudios de posgrado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Referencias

- Charyulu DK., Afari-Sefa V, Gumma, MK. Trends in Global Sorghum Production: Perspectives and Limitations. In Omics and Biotechnological Approaches for Product Profile-Driven Sorghum Improvement. 2024; pp. 1-19. Singapore: Springer Nature Singapore.
- López Ortiz NC, Tique MM, Pérez Lavalle LDS. Contribución al estudio del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para nutrición humana. Perspect Hum Nutr. 2011;13(1):33-44. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012441082011000100004&script=sci_arttext
- Rueda GH, Pinto-Sánchez MI. Probióticos en enfermedad celíaca: ¿estamos listos para su aplicación en la práctica clínica? Acta Gastroenterol Latinoam. 2021;51(4). <https://doi.org/10.52787/gqme9827>
- Treviño-Salinas M, Perales-Torres A, Castillo-Ruiz O, Montes-García N, Lizarazo-Ortega, C, Navarro-Cortez R, Rodríguez-Castillejos G. Proximal analysis and profile of fatty acids on six varieties of white grain sorghum with potential use in human consumption. CyTA-J Food. 2021;19(1), 547-551. <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1928757>
- Reyes-Gallardo J, Rodríguez-Castillejos G, Navarro-Cortez R, Perales-Torres A, Alemán- Castillo SJ, Castillo-Ruiz O. Proximal, thermal, and structural characterization of starch extracted from two varieties of white sorghum cultivated in Mexico. Agrociencia. 2022; 57(1): 1-8. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i1.2641>
- Siddiqui SA, Mahmud MC, Abdi G, Wanich U, Farooqi MQU, Settapramote N, Wani S. A. New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges. J Food Biochem. 2022;46(9):e14185. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14185>
- De Pasquale I, Verni M, Verardo, V, Gómez-Caravaca AM, Rizzello, CG. Nutritional and functional advantages of the use of fermented black chickpea flour for semolina-pasta fortification. Foods. 2021;10(1):1-21. <https://doi.org/10.3390/foods10010182>
- Li M, Zhu KX, Guo XN, Brijis K, Zhou HM. Natural additives in wheat-based pasta and noodle products: opportunities for enhanced nutritional and functional properties. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2014; 13(4): 347-357. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12066>
- Kadam SU, Prabhasankar P. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. Food Res Inter. 2010;43(8):1975-1980. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.06.007>
- Di Pede G, Dodi R, Scarpa C, Brighenti F, Dall'Asta M, Scazzina F. Glycemic index values of pasta products: An overview. Foods. 2021;10(11):1-16 <https://doi.org/10.3390/foods10112541>
- Granito M, Pérez S, Valero Y. Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. Rev Chil Nutr. 2014;41(4):425-432. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012>
- Wang L, Wang YJ. Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato and rice starches. Starke 2001;53(11):570-576. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200111\)53:11<570::AID-STAR570>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200111)53:11<570::AID-STAR570>3.0.CO;2-S)
- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 02-03.02. Approved November 3, 1999. Cereals & Grains Association, 1999. St. Paul, MN, U.S.A. <http://doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-02-03.02>
- Yusty MAL, Lozano JS, Salgado G. Determinación de almidón en alimentos. Trab Compostelanos Biol. 1983;(10):15-25.
- Flores RV. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. Ing Ind. 2014;(32):231-246. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337432679010>
- Marston K, Khouryieh H, Aramouni F. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. LWT. 2016; 65:637-644. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.063>
- Molina-Rosell C. Alimentos sin gluten derivados de cereales. En Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca. Madrid: Omnia Publisher SL. 2013;447-461. <http://doi.org/10.3926/oms.27>
- Flores RV. Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. Ing Ind. 2017; 35:1834. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337453922009>
- Bianchi F, Tolve R, Rainero G, Bordiga M, Brennan CS, Simonato B. Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial by-products: A review. Int J Food Sci Tech. 2021;56(9):4356-4366. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15168>
- Bangar SP, Ali NA, Olagunju AI, Pastor K, Ashogbon AO, Dash KK, Ozogul F. Starch-based noodles: Current technologies, properties, and challenges. J Text Stu. 2023;54(1):21-53. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12730>
- Ramírez ANM, Guardado FNB, Magno DLJ, Pedraza BPL, Solís SAM, Nava EPT, Morales MES. Análisis de mercado y sensorial de pasta con harina de amaranto fortificada con suero de leche. Investig Desarrollo Cienc Tecnol Aliment 2023;8(1):501-508. <https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/article/view/67>
- Ramírez A, de Bertorelli LO, Hidalgo L, de Fariñas LG. Caracterización de pastas alimenticias elaboradas artesanalmente con harina compuesta de trigo y frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). Rev Fac Agron. 2012;38(1):24-28. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/4374
- Ibáñez EC. La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. Arbor. 2001;168(661):65-85. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/823>
- Vasiliu M, Navas PB. Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con

- sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fistulosum* L.). SABER. 2009;21(1):70-76. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739438010>
25. Pérez LAB, Ramos SMC, Manilla RR, Fera JS, Aparicio AJ. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). Agrociencia. 2002;36(2):169-180. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236204.pdf>
 26. Granito M, Ascanio V. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. Arch Latinoam Nutr. 2009;59(1):71-77. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000100011
 27. Dussán-Sarria S, Cruz-Noguera RE, Godoy SP. Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. Inf Tecnol. 2009;30(6):93-100. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
 28. Chaparro-Acuña SP. Elaboración de un producto tipo 'pasta alimenticia' a partir de residuos de plátano hartón prefreído. Cienc Agric. 2017;14(1):47-56. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6087>
 29. Arrazola P, Murillo M, Alvis BA. Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón obtenido de dos variedades de batata (*Ipomoea batatas*). BSAA. 2020;19(1):117-127. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1471>
 30. Vellore ST, Jayaprakash HM, Srinivas KS, Venkatesh M. Proximate composition of different flours used in the formulation of pasta. IRJMETs. 2023;5(9):1486-1490. <https://www.doi.org/10.56726/IRJMETs44799>
 31. Bolarinwa IF, Oyesiji OO. Gluten free rice-soy pasta: proximate composition, textural properties and sensory attributes. Heliyon. 2021;7(1): e06052 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06052>
 32. Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Mendoza-Vinalay M, Tovar T, Bello-Pérez LA. Pasta added with chickpea flour: chemical composition, *in vitro* starch digestibility and predicted glycemic index. CYTA J Food. 2008;6(1):6-12. <https://doi.org/10.1080/11358120809487621>
 33. Dussán-Sarria S, Cruz-Noguera RE, Godoy SP. Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. Inf Tecnol. 2019;30(6):93-100. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
 34. Khalid W, Arshad MS, Aslam N, Mukhtar S, Rahim MA, Ranjha MMAN, Awuchi CG. Food applications of sorghum derived kafirins potentially valuable in celiac disease. International J Food Prop. 2022;25(1):2348-2363. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2135532>
 35. Miao M, Hamaker BR. Food Matrix Effects for Modulating Starch Bioavailability. Annu. Rev. Food Sci. Technol. 2021;12:169-191. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-070620-013937>
 36. Wang Y, Zhou X, Xiang X, Miao M. Association of slowly digestible starch intake with reduction of postprandial glycemic response: an update meta-analysis. Foods. 2022;12(1):1-11. <https://doi.org/10.3390/foods12010089>
 37. Bello-Pérez LA, González-Soto RA, Sánchez-Rivero MM, Gutiérrez-Meraz F, Vargas-Torres A. Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidón resistente. Agrociencia, 2006;40(4):441-448. <https://doi.org/10.3390/foods12010089>
 38. Olayo-Contreras V, Alemán-Castillo SJ, Rodríguez-Castillejos G, Castillo-Ruiz O. Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo humano. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas. 2021; 24:1-7. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.406>
 39. Dodi R, Di Pede G, Scarpa C, Deon V, Dall'Asta M., Scazzina, F. Effect of the Pasta Making Process on Slowly Digestible Starch Content. Foods. 2023;12(10):2064. <https://doi.org/10.3390/foods12102064>
 40. Wang Z, Wang S, Xu Q, Kong Q, Li F, Lu L, Xu Y, Wei Y. Synthesis and Functions of Resistant Starch. Adv Nutr. 2023;14(5):1131-1144. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.06.001>
 41. Navarro OP, Chong NL, Suarez EG, Valmaseda CV. Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados. Afinidad. 2017;74(580):275-280. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/329842>
 42. Agama-Acevedo E, Bello-Pérez LA, Pacheco-Vargas G, Evangelista-Lozano S. Estructura interna de los gránulos de almidón de plátano mediante gelatinización química superficial: propiedades morfológicas, fisicoquímicas y moleculares. Rev Mex Ing Quim. 2015;14(1):73-80. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62037106007>
 43. Ramos García M, Romero B, Bautista B. Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 2018;19(1):1-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612003>
 44. Martínez-Mora EO. Caracterización morfológica y contenido de almidón resistente y disponible en bananos (*Musa sapientum*) exportables del Ecuador. RENHYD. 2015;19(3):153-159. <https://doi.org/10.14306/renhyd.19.3.161>
 45. Ligardo Y, Rios-Dominguez IC, Pájaro CEM, Severiche-Sierra CA, Morales JDC. Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del frijol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*). Rev Investig Agrar Ambient. 2017;8(2):119-125. <https://doi.org/10.22490/21456453.2036>
 46. Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. LWT-Food Sci Technol. 2011;44(3):681-686. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.006>

Recibido: 07/07/2025
Aceptado: 13/10/2025