

ORIGINAL ARTICLE

Optimización de la formulación de tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada empleando el método de diseño de mezclas

Optimization of the formulation of gluten-free pasta enriched with dehydrated pumpkin pulp using the method of mix design

Natali López-Mejía^{1*} , Nelly Bibiana Morales Posada¹

¹Universitaria Agustiniiana, Facultad de Arte, Comunicación y Cultura, Tecnología en Gastronomía, Bogotá D.C. - Colombia

***Corresponding Author:** Natali López-Mejía, Universitaria Agustiniiana, Facultad de Arte, Comunicación y Cultura, Tecnología en Gastronomía, Ak. 86 #11b-95, 110811, Bogotá D.C. - Colombia, e-mail: natali.lopez@uniagustiniana.edu.co, nalopezme@gmail.com

Cite as: López-Mejía, N., & Morales Posada, N. B. (2020). Optimización de la formulación de tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada empleando el método de diseño de mezclas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2018299. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.29918>

Resumen

La pulpa de zapallo deshidratada (*Cucurbita máxima*) ha sido empleada para enriquecer pastas libres de gluten, debido a su alto contenido nutricional; sin embargo, no se han llevado a cabo estudios donde se logre identificar la mejor formulación a partir de diseños experimentales de optimización. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar la calidad de los tallarines libres de gluten de cada uno de los tratamientos desarrollados y utilizar el diseño de mezclas simplex para la obtención de la formulación óptima. Para ello, además de pulpa de zapallo deshidratada dos materias primas fueron consideradas: harina de arroz y harina de maíz. Como variables de respuesta se contemplaron: análisis proximal (contenido de proteína, almidón, cenizas y fibra dietaria), esfuerzo a la fractura, calidad de cocción, color $CIE_{L^*a^*b^*}$, aceptación sensorial y la microestructura del tallarín seco. Se realizaron análisis de varianza ANOVA y se obtuvieron los modelos de regresión (lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico completo), los cuales se emplearon para explicar cada una de las variables de respuesta mencionadas, siendo las de mayor significancia y mayor R^2 y R^2 ajustados la adhesividad sensorial, masticabilidad sensorial y ganancia de peso. Finalmente, la formulación que presentó valores óptimos en dichas variables fue aquella con 0,10 g de pulpa de zapallo deshidratada/g harina; 0,3859 g de harina de arroz/g harina y 0,5141 g de harina de maíz/g harina (valores predichos).

Palabras clave: *Cucurbita máxima*; Harinas libres de gluten; Regresión; Adhesividad; Masticabilidad; Ganancia de peso.

Abstract

Dehydrated pumpkin pulp (*Cucurbita maxima*) has been used to enrich gluten-free pasta due to its high nutritional content. However, there is a need for studies to identify the best formulation based on experimental optimization designs. Therefore, this work aimed to evaluate the quality of the gluten-free noodles of each developed treatment



Este es un artículo publicado en acceso abierto (*Open Access*) bajo la licencia *Creative Commons Attribution*, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que el trabajo original sea debidamente citado.

and use the design of simplex mixtures to obtain the optimal formulation. For this, in addition to dehydrated pumpkin pulp, we considered two other raw materials, rice flour and cornmeal. Response variables included proximal analysis (protein content, starch, ashes and dietary fiber), fracture stress, cooking quality, $CIE_{L^*a^*b^*}$ color, sensory acceptance and microstructure of dry noodles. We performed ANOVA analysis of variance and regression models (linear, quadratic, special cubic and complete cubic), which were used to explain each of the response variables, the most significant and highest being R^2 and R^2 Adjusted sensory adhesiveness, sensory chewiness and weight gain. Finally, the formulation that presented optimal values in these variables was 0.10 g of dehydrated pumpkin pulp/g flour; 0.3859 g of rice flour/g flour and 0.5141 g of cornmeal/g flour (predicted values).

Keywords: *Cucurbita maxima*; Gluten-free flours; Regression; Adhesiveness; Chewiness; Weight gain.

1 Introducción

Cada vez es mayor la tendencia al desarrollo de productos alimenticios libres de gluten, debido a la enfermedad celíaca, la cual afecta 1 de cada 100 personas en el mundo provocando inflamación crónica del intestino delgado, dañando la mucosa intestinal y causando la mala absorción de nutrientes (Flores-Silva et al., 2014). También existe intolerancia al gluten no celíaca cuyos síntomas y tratamientos son similares, con una prevalencia en la población 10 veces mayor (13% de la población) (Catassi et al., 2013), siendo el único tratamiento eficaz es la adherencia de por vida a una dieta libre de gluten (LG) (Catassi et al., 2015).

Por otro lado, cada vez es mayor la preocupación de los consumidores por alimentarse con productos que le proporcionen los nutrientes necesarios para prevenir enfermedades nutricionales; de esta forma buscan mejorar su bienestar físico y mental. Es por esto, que se ha observado una tendencia en el desarrollo de pastas alimenticias sin gluten fortificadas con fuentes de alto valor proteico y vitamínico; sin embargo, aún significa un reto debido a que el gluten es el principal componente que le confiere a la pasta la elasticidad y baja adherencia característica, y al ser reemplazado dichas características se ven directamente afectadas (Mastromatteo et al., 2012).

Una de las harinas vegetales empleadas para enriquecer nutricionalmente pastas alimenticias artesanales es la pulpa de zapallo deshidratada, debido a su alto contenido de fibra dietaria (34,12 g/100 g), proteína (15,08 g/100 g), carotenoides totales ($511,16 \pm 2,97 \mu\text{g/g}$), compuestos fenólicos y alta actividad antioxidante (López-Mejía et al., 2019). Diversas investigaciones se han desarrollado con el objetivo evaluar el efecto de la adición de PZD en 3-4 niveles (5-50%) entre las características más importantes se define la calidad de las pastas y la mejor formulación. De manera general, se ha encontrado que la incorporación de zapallo en pastas frescas mejora el color, afecta negativamente el sabor y la textura de las pastas alimenticias; así como también aumenta el tiempo de cocción y la ganancia de peso. Mirhosseini et al. (2015) evidenciaron que de las 2 formulaciones desarrolladas (25 y 50%) la de 25% presentó mejores características de calidad. Posteriormente, Mínavi et al. (2017) formularon pastas alimenticias con 5; 7,5 y 10% PZD, encontrando que la formulación con 10% PZD presenta mayor aceptación sensorial. Finalmente, en el estudio de López-Mejía et al. (2019) se formularon pastas alimenticias con 2 niveles de incorporación de PZD (5 y 10%) encontrando que la formulación con 10% PZD muestra la mejor calidad nutricional. Sin embargo, de las investigaciones mencionadas, solo la desarrollada por Mirhosseini et al. (2015) ha sido para pastas libres de gluten.

Se evidencia que hasta la fecha los diseños experimentales incorporan pocos niveles de adición de PZD y solo permiten la variación de un componente, limitando así la selección de una formulación óptima. Por lo anterior, se requiere el empleo de diseños experimentales de optimización como superficie de respuesta o diseño de mezclas (Bastos et al., 2016), siendo este último el adecuado cuando se requiere la variación de 3 componentes simultáneamente. Según Marti et al. (2018), Marengo et al. (2018) y Camelo-Méndez et al. (2018) la harina de arroz y de maíz son ampliamente utilizadas en la formulación de pastas alimenticias, por

lo que se buscó hallar una formulación óptima de pasta alimenticia seca, tipo tallarín, libre de gluten (TLG) formulada con harina de arroz (HA) y harina de maíz (HM), enriquecida con pulpa de zapallo deshidratada (PZD), con características tecnológicas, fisicoquímicas y sensoriales aceptables, empleando el diseño de mezclas simplex de 10 niveles (incluyendo el control), con análisis de varianza en términos lineal, cuadrático, cúbico completo y cúbico especial para determinar el ajuste en variables como adhesividad sensorial, masticabilidad sensorial y ganancia de peso. Adicionalmente, se buscó evaluar el efecto de cada tratamiento en la calidad de TLG (análisis proximal, esfuerzo a la fractura, calidad de cocción, color, microestructura y aceptabilidad sensorial).

2 Materiales y métodos

2.1 Materia prima

Zapallo (*Cucurbita máxima*) de la variedad Boyacá, se obtuvo de un cultivo local del municipio Boyacá (Cundinamarca - Colombia). Demás materias primas mencionadas en este estudio fueron obtenidas de un mercado local. La pulpa de zapallo deshidratada (PZD) se elaboró siguiendo el método reportado por López-Mejía et al. (2019).

El zapallo se seleccionó de acuerdo con el color (color naranja en toda la superficie), descartando aquellas que mostraban signos de deterioro. Posteriormente, se lavó para eliminar el material extraño y luego se desinfectó con ácido peracético (3 mL/L). Cada fruto se dividió en ocho partes similares, se retiró la semilla y se escaldó (60 °C/10 min). Las frutas se enfriaron hasta 25 ± 1 °C, y la cáscara se separó de la pulpa. El mesocarpio se procesó en formas geométricas rectangulares (3,00 × 3,01 × 0,38 cm) y luego se secó en un horno convectivo (RATIONAL, SCC WE 61G, Alemania) a 55 °C por 24 h con aire seco (1,5 m/s). Una vez seco, la pulpa deshidratada se molió y se tamizó hasta obtener un tamaño de partícula menor a 212 µm. Posteriormente, la pulpa de zapallo deshidratada (PZD) fue guardada en frascos de polietileno de alta densidad color ámbar bajo refrigeración.

2.2 Tallarines: formulación y procesamiento

Además de los componentes experimentales (Pulpa de Zapallo Deshidratada - PZD, Harina de Arroz - HA y Harina de Maíz - HM) (62,5 g de mezcla de harinas/100 g) en las proporciones indicadas en la Tabla 1, se adicionó sal (1 g/100 g), aceite de semillas de girasol (3 g/100 g), y huevo (33,5 g/100 g) (Fiorda et al., 2013; Mirhosseini et al., 2015). Los componentes se mezclaron en un homogeneizador por 15 min (Fiorda et al., 2013). Las mezclas se amasaron manualmente y se moldearon en una máquina manual para hacer pasta (IMPERIA, Italia) en forma de tallarín. La pasta se secó en el mismo horno citado para la deshidratación de la pulpa de zapallo, con circulación de aire a 50 °C/70%HR por 12 h.

Tabla 1. Diseño experimental para la optimización de la formulación de tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada (*Cucurbita máxima*).

Orden de experimentación	Número de corridas	Bloques	Tipo de punto	Proporción		
				X ₁	X ₂	X ₃
4	1	1	1	0,1000	0,30000	0,60000
9	2	1	-1	0,1375	0,30625	0,55625
8	3	1	-1	0,2125	0,35625	0,43125
3	4	1	1	0,2500	0,40000	0,35000
7	5	1	-1	0,1375	0,35625	0,50625
2	6	1	1	0,1000	0,40000	0,50000
6	7	1	-1	0,2125	0,23125	0,55625
1	8	1	1	0,2500	0,15000	0,60000
5	9	1	0	0,1750	0,31250	0,51250

X₁: Pulpa de Zapallo Deshidratada (g/100 g harina); X₂: Harina de Arroz (g/100 g harina); X₃: Harina de Maíz (g/100 g harina).

2.3 Análisis proximal

El análisis proximal consistió en la cuantificación de humedad (Gravimetría), proteína (International Organization for Standardization, 2009), fibra dietaria (Association of Official Analytical Chemists, 2003), grasa (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1973), cenizas (American Association of Cereal Chemists, 2001) y almidón (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009) de PZD, HA, HM y de cada uno de los tallarines secos formulados. El análisis se llevó a cabo por triplicado por un laboratorio certificado (ENZIPAN, Bogotá D.C., Colombia).

2.4 Esfuerzo a la fractura y calidad de cocción

La resistencia a la fractura (N) fue medida 5 veces en cada uno de los tratamientos evaluados, a partir del cual se calculó el esfuerzo a la fractura (N/mm²). Este análisis fue realizado por un laboratorio externo certificado (Laboratorios M&G S.A.S, Bogotá D.C, Colombia). La geometría de las muestras fue rectangular y las dimensiones en promedio tuvieron un espesor = $1,51 \pm 0,07$ y un ancho = $8,18 \pm 0,57$ mm.

Por otro lado, los ensayos de cocción se realizaron por triplicado para cada formulación de TLG de acuerdo al método AACCC 66-50 (American Association of Cereal Chemists, 2000) con algunas modificaciones. Estos consistieron en la inmersión de 25 g de pasta seca en 300 mL de agua destilada a 98 °C. El tiempo de cocción se midió como el instante en el que el espagueti alcanza el punto al dente. La ganancia de peso (agua absorbida por la estructura) se determinó por diferencia de peso antes y después de la cocción y se reportó como g de agua/100 g muestra. Finalmente, los sólidos perdidos (SP) por la cocción se evaluaron después de la cocción y el nivel de agua se llevó a volumen inicial. La materia seca se determinó a partir de una muestra de 25 mL de agua de la cocción sometida a 105 °C hasta peso constante en un horno. El resultado se expresó como g de sólidos/100 g de muestra.

2.5 Color

Las coordenadas de color CIE_{L*a*b*} fueron determinadas 5 veces en TLG de cada tratamiento, por un laboratorio certificado (Laboratorios M&G S.A.S, Bogotá D.C, Colombia). Los parámetros que se usaron en la determinación fueron iluminante D 65 y ángulo del observador 10° con base en la norma internacional ASTM D2244-16 (American Society for Testing and Materials, 2016). El color se midió en términos de coordenadas L* (luminosidad), a* (color rojizo (+) y verde (-)) y b* (color amarillento (+) y azuloso (-)) (Mendoza et al., 2006).

2.6 Microestructura

Las micrografías correspondientes a la sección transversal de los tratamientos con mayor proporción de PZD (0,25) y menor proporción de PZD (0,10) fueron obtenidas en la Universidad de Los Andes (Bogotá D.C., Colombia) empleando un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) (JEOL, JSM 6490-LV) donde se aplicó una tensión de aceleración de 20 kV. Una pieza de tallarín seco, unida a un disco de carbón con una cinta plateada se roció con oro en el sublimador de vacío para observar la sección transversal con diferentes aumentos (30 x, 200 x y 800 x).

2.7 Análisis sensorial

Se llevaron a cabo análisis sensoriales de aceptación en tallarines cocidos de los tratamientos evaluados. Cada análisis se realizó con un panel no entrenado de 30 personas (muestra no probabilística por conveniencia) en un lugar iluminado, libre de ruido, olores y colores extraños. Se evaluaron atributos como color, olor, elasticidad, adhesividad, masticabilidad y sabor. Para ello, se empleó una escala hedónica de

5 puntos, donde 1 correspondió a me disgusta mucho, 2 a me disgusta moderadamente, 3 a no me gusta ni me disgusta, 4 a me gusta moderadamente y 5 a me gusta mucho (Carpenter et al., 2009).

2.8 Diseño experimental y análisis estadístico

Para encontrar la formulación óptima de tallarín libre de gluten enriquecido con PZD se empleó un diseño de mezclas simplex (Tabla 1). Los límites máximos y mínimos de cada una de las harinas se fijaron de acuerdo con resultados reportados en la literatura (PZD-bajo: 0,10; PZD-máximo: 0,25; HA-bajo: 0,15; HA-máximo: 0,40; HM-bajo: 0,35 y HM-máximo: 0,60). Las variables de respuesta (aceptación sensorial del color, olor, adhesividad, elasticidad, masticabilidad y sabor; composición proximal, esfuerzo a la fractura, calidad de cocción), fueron seleccionadas de acuerdo con los valores de R^2 experimental y ajustado ($> 0,9$) y significancia ($p < 0,05$). A partir de lo anterior, se desarrollaron cuatro modelos matemáticos que las describen (lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico completo).

Por otro lado, para evaluar el efecto de la adición de PZD en las características fisicoquímicas, calidad de cocción, esfuerzo a la fractura y aceptación sensorial se llevó a cabo un análisis de varianza ANOVA con prueba de Tukey y se identificaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Adicionalmente se hicieron correlaciones de Pearson para encontrar la relación entre los valores de esfuerzo a la fractura y proporción de PZD en las mezclas, el tamaño del poro y el esfuerzo de fractura, así como el tamaño del poro con la proporción de PZD en la mezcla. Todos los análisis estadísticos de este estudio se realizaron en Minitab v.17.

3 Resultados y discusión

3.1 Análisis proximal

La Tabla 2 muestra algunos parámetros de la composición química de las materias primas y de los tallarines libres de gluten. PZD se destacó por su alto contenido de proteína ($9,31 \pm 0,05$ g/100 g), bajo contenido de grasa ($2,18 \pm 0,02$ g/100 g), alto contenido de fibra dietaria ($30,51 \pm 0,02$ g/100 g) y cenizas ($10,95 \pm 0,01$ g/100 g), respecto a lo evidenciado para HA y HM. Al comparar los valores obtenidos con lo reportado para PZD de otros estudios, se evidencia que Minarovičová et al. (2017) presentaron menores valores para proteína ($8,2 \pm 0,1$ g/100 g), grasa ($0,7 \pm 0,0$ g/100 g) y cenizas ($2,3 \pm 0,0$ g/100 g) y valores similares para fibra dietaria ($27,4 \pm 0,7$ g/100 g). Usha Junior et al. (2010) reportan valores más altos de proteína ($15,69$ g/100 g) y Escalada Plaa et al. (2007) valores más altos de fibra dietaria ($44,6$ g/100 g). Estas diferencias se deben a características agronómicas del cultivo y a la variedad empleada.

Teniendo en cuenta lo evidenciado para PZD en cuanto a su alto contenido de fibra dietaria, proteína y cenizas, el aumento de la calidad nutricional de TLG se debe a la incorporación de PZD en la formulación, más que a la adición de los demás componentes, razón principal por la que se emplea PZD en pastas alimenticias libres de gluten (PLG). Similar a lo obtenido en este estudio, Mirhosseini et al. (2015) evidenciaron que al incorporar la pulpa de zapallo deshidratada (50%) se afectaba positivamente el contenido de cenizas – minerales - (no midieron contenido de proteína y fibra dietaria); sin embargo, el contenido de cenizas reportada por los autores para PLG con 25% PZD ($1,15$ g/100 g), es menor a la obtenida en este estudio para PLG con 25% PZD ($3,31$ - $3,57$ g/100 g); debido a que la pulpa de zapallo deshidratada que emplean dichos autores, tiene un menor contenido de cenizas (6 g/100 g), respecto a la de este estudio.

Tabla 2. Composición proximal de las materias primas y de las muestras de tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada.

T	Proteína (g/100 g)	Grasa (g/100 g)	Cenizas (g/100 g)	Fibra dietaria (g/100 g)	Almidón (g/100 g)
HA	7,41 ± 0,02	0,43 ± 0,02	0,43 ± 0,026	1,22 ± 0,03	88,45 ± 0,02
HM	8,10 ± 0,03	4,21 ± 0,01	1,39 ± 0,02	11,18 ± 0,015	66,78 ± 0,01
PZD	9,31 ± 0,05	2,18 ± 0,02	10,95 ± 0,01	30,51 ± 0,02	0,03 ± 0,02
T1	9,92 ± 0,01 ^a	4,84 ± 0,01 ^a	3,57 ± 0,01 ^a	13,73 ± 0,01 ^a	50,86 ± 0,00 ⁱ
T2	9,59 ± 0,01 ^g	4,26 ± 0,01 ^g	1,94 ± 0,00 ⁱ	8,42 ± 0,01 ⁱ	65,59 ± 0,00 ^a
T3	9,78 ± 0,01 ^c	4,00 ± 0,00 ⁱ	3,31 ± 0,00 ^b	11,20 ± 0,01 ^c	56,05 ± 0,00 ^g
T4	9,64 ± 0,00 ^f	4,59 ± 0,01 ^c	2,04 ± 0,00 ^h	9,44 ± 0,02 ^h	63,52 ± 0,01 ^b
T5	9,73 ± 0,01 ^d	4,42 ± 0,01 ^e	2,76 ± 0,00 ^e	10,82 ± 0,01 ^e	58,63 ± 0,00 ^e
T6	9,82 ± 0,00 ^b	4,64 ± 0,01 ^b	3,12 ± 0,03 ^c	12,18 ± 0,00 ^b	55,06 ± 0,00 ^h
T7	9,64 ± 0,01 ^f	4,32 ± 0,00 ^f	2,34 ± 0,00 ^g	9,59 ± 0,00 ^g	62,27 ± 0,02 ^c
T8	9,75 ± 0,00 ^d	4,20 ± 0,00 ^h	2,98 ± 0,00 ^d	10,86 ± 0,01 ^d	57,76 ± 0,00 ^f
T9	9,67 ± 0,01 ^e	4,49 ± 0,00 ^d	2,40 ± 0,02 ^f	10,09 ± 0,00 ^f	61,23 ± 0,00 ^d

T: Tratamiento; HA: Harina de Arroz; HM: Harina de Maíz; PZD: Pulpa de zapallo deshidratada. Los valores corresponden al promedio ± DE: Desviación Estándar (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

3.2 Esfuerzo a la fractura y calidad de cocción

La elaboración de productos libres de gluten se dificulta debido a lo complejo que es suplir la viscoelasticidad que ofrece el gluten en las masas. En este trabajo, los principales componentes que proporcionan viscoelasticidad a la masa fueron HA y HM, las cuales son fuente principal de almidón y se empleó PZD como agente enriquecedor de proteína, minerales y fibra dietaria. Adicionalmente, se usó el huevo con el fin de reforzar el contenido proteico y de esta forma reemplazar parcialmente la red viscoelástica de la que carece la formulación. Lo anterior se ve reflejado en los resultados obtenidos para esfuerzo de fractura y calidad de cocción (Tabla 3).

El tratamiento tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) en el esfuerzo a la fractura, siendo mayor en los tratamientos 2 (PZD = 0,10), 4 (PZD = 0,10) y 7 (PZD = 0,1375), y menor en los tratamientos 9 (PZD = 0,1375), 1 (PZD = 0,25) y 5 (PZD = 0,1750) (ver Tabla 3). Por lo tanto, se evidencia una tendencia de aumento del esfuerzo a la fractura con la disminución PZD en la formulación. Lo anterior, se corroboró con la correlación de Pearson, obteniéndose un valor de -0,593 con una significancia muy baja (0,092) dada la variabilidad obtenida entre tratamientos. A diferencia de lo obtenido en este estudio, Mirhosseini et al. (2015) reportaron un aumento de la dureza con la adición de pulpa de zapallo deshidratada a la formulación, informando que este tipo de harina al ser incorporada en productos de panadería muestra una resistencia relativamente alta a la rotura. Dicha diferencia puede deberse al mayor contenido de grasa (2,18 g/100 g) y humedad (11,47 g/100 g) que presentó PZD de este estudio respecto a su contenido de grasa (1,17 g/100 g) y humedad (10,54 g/100 g). Por un lado, la grasa al tener un efecto plastificante, suavizando la masa y lubricándola, conduce a que el producto sea fácilmente fracturable. Por otro lado, el agua determina la naturaleza de las interacciones entre los distintos constituyentes de la receta, lo que influye en la fuerza de la masa, siendo menor a medida que el contenido de humedad aumenta (Coulter, 1984).

Tabla 3. Esfuerzo a la fractura y calidad de cocción de los tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada.

T	Esfuerzo a la fractura (N/mm ²) ¹	Tiempo de cocción (min) ²	Ganancia de peso (g/g) ²	Sólidos perdidos (g/g) ²
1	1,41 ± 0,34 ^h	9,70 ± 0,00 ^d	1,38 ± 0,10 ^{ab}	0,06 ± 0,00 ^d
2	1,92 ± 0,42 ^b	12,97 ± 0,00 ^a	1,61 ± 0,06 ^{ab}	0,07 ± 0,00 ^c
3	1,59 ± 0,35 ^f	7,25 ± 0,35 ^f	1,32 ± 0,12 ^b	0,07 ± 0,00 ^c
4	2,16 ± 0,21 ^a	10,35 ± 0,00 ^c	1,38 ± 0,25 ^{ab}	0,05 ± 0,01 ^e
5	1,53 ± 0,35 ^g	6,90 ± 0,00 ^g	1,47 ± 0,07 ^{ab}	0,04 ± 0,00 ^f
6	1,68 ± 0,56 ^d	5,12 ± 0,00 ^h	1,23 ± 0,12 ^b	0,08 ± 0,00 ^b
7	1,64 ± 0,77 ^e	10,87 ± 0,00 ^b	1,78 ± 0,20 ^a	0,09 ± 0,00 ^a
8	1,70 ± 0,68 ^c	8,23 ± 0,00 ^e	1,29 ± 0,14 ^b	0,09 ± 0,00 ^a
9	1,40 ± 0,48 ⁱ	9,57 ± 0,00 ^d	1,44 ± 0,08 ^{ab}	0,06 ± 0,00 ^d

T: Tratamiento. ¹Los datos corresponden al promedio ± DE (n = 5). ²Los datos corresponden al promedio ± DE: Desviación Estándar (n = 3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

En cuanto a la calidad de cocción, se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tiempo de cocción, ganancia de peso y sólidos perdidos entre tratamientos (ver Tabla 4). El tiempo de cocción fue significativamente mayor para los tratamientos 2 (PZD = 0,10), 7 (PZD = 0,1375) y 4 (PZD = 0,10) con valores de 12,97; 10,87 y 10,35 min respectivamente, y significativamente menor para los tratamientos 6 (PZD = 0,2125 g/g), 5 (PZD = 0,1750 g/g) y 3 (PZD = 0,25 g/g) con valores de 5,12; 6,90 y 7,25 min respectivamente. Es decir, a medida que aumentó PZD en la formulación, disminuyó el tiempo de cocción. Adicionalmente, se evidenció que los tratamientos con mayor tiempo de cocción presentaron mayor ganancia de peso; registrándose mayores valores en los tratamientos 7, 2 y 5 que corresponden a formulaciones con PZD $> 0,10$.

Respecto a los sólidos perdidos en el agua de cocción, fue mayor en los tratamientos 7 y 8 (0,09 g/g) y significativamente menor en el tratamiento 5 (SP = 0,04 g/g) ($p < 0,05$). De forma general, se evidenció un aumento de los sólidos perdidos en el agua de cocción por el aumento de PZD, sin embargo, esta tendencia no fue clara, debido al efecto compensatorio que proporcionaron las demás harinas (HA y HM) a la formulación.

López-Mejía et al. (2019) reportaron un comportamiento similar para pastas enriquecidas con pulpa de zapallo deshidratada, disminuyendo alrededor de 4 min el tiempo de cocción al aumentar la proporción de PZD desde 0 g/100 g hasta 10 g/100 g de harina. En este estudio la disminución del tiempo alcanzó los 8 min al aumentar PZD desde 10 g/100 g hasta 25 g/100 g de harina. Así mismo, las formulaciones con mayor tiempo de cocción (formulaciones con menor proporción de PZD), registraron mayor ganancia de peso. La disminución del tiempo de cocción debido a la incorporación de materias primas ricas en fibra ya ha sido explicada por Manthey & Schorno (2002), atribuyendo este comportamiento a la interrupción de la matriz formada por el gluten y el almidón, por la fibra; esto conlleva a que el agua se absorba fácilmente.

Por otro lado, Minarovičová et al. (2017) similar a lo analizado en este estudio, reportaron una disminución en el tiempo de cocción de 7 a 5,9 min cuando el nivel de adición de PZD aumenta de 0 a 10%. Adicionalmente, se concluye que la adición de pulpa de zapallo aumenta los sólidos perdidos en el agua de cocción, debido a la ruptura de la matriz proteína-almidón y a la distribución heterogénea del agua dentro de la pasta por la tendencia competitiva de la fibra, evitando la hinchazón del almidón. Esto se debe a la falta de una red de gluten en este tipo de pastas y al aumento del contenido de fibra en la formulación, aportada por PZD (Marti & Pagani, 2013).

3.3 Microestructura

En la Figura 1 se muestran las microestructuras de los tallarines libres de gluten enriquecidos con PZD a diferentes tratamientos, con aumentos de 30 x, 200 x y 800 x. Las Figuras 1a y 1b corresponden a los tratamientos 2 y 4, cuyas formulaciones contienen la menor proporción de PZD (10 g/100 g de harina). Las Figuras 1c y 1d corresponden a los tratamientos 1 y 3, cuyas formulaciones contienen la mayor proporción de PZD (25 g/100 g de harina). En ellas se evidencia el aumento la porosidad de la sección transversal debido al aumento de la proporción de PZD en la formulación. Así mismo, también aumentó el tamaño de los poros, siendo para el tratamiento 2 de $6,14 \pm 0,98 \mu\text{m}$, para el tratamiento 4 de $5,73 \pm 0,63 \mu\text{m}$; para el tratamiento 1 de $8,72 \pm 0,70 \mu\text{m}$ y para el tratamiento 3 de $9,92 \pm 0,95 \mu\text{m}$. De acuerdo con los resultados obtenidos para la correlación de Pearson ($p < 0,05$), el tamaño del poro tiene una relación negativa con el esfuerzo a la fractura, con un valor de $-0,894$ ($p = 0,000$). Por otro lado, se correlacionó el tamaño del poro con la proporción de PZD en la muestra obteniéndose una relación positiva con un valor de $0,902$ ($p = 0,000$). Adicionalmente, se observó una correlación negativa entre el nivel de HM en la formulación de TLG, con el tamaño del poro ($-0,552$); sin embargo, esta no fue significativa ($p = 0,063$). Um estudio similar en el que se evidencia la afectación en la microestructura de la red de pastas alimenticias por la incorporación de harinas no convencionales ha sido reportado en la literatura. Fiorda et al. (2013),

evidenciaron que a medida que aumentaban la adición de harina de yuca a la formulación, se presentaban grietas, generando falta de continuidad en la estructura y una mayor porosidad, lo que atribuyeron a la menor proporción de proteína y menor cantidad de harina pregelatinizada. Para este estudio el aumento de la porosidad no se debería a una menor proporción de proteína en la formulación de TLG, sino a la disminución del contenido de almidón y al aumento del contenido de fibra dietaria.

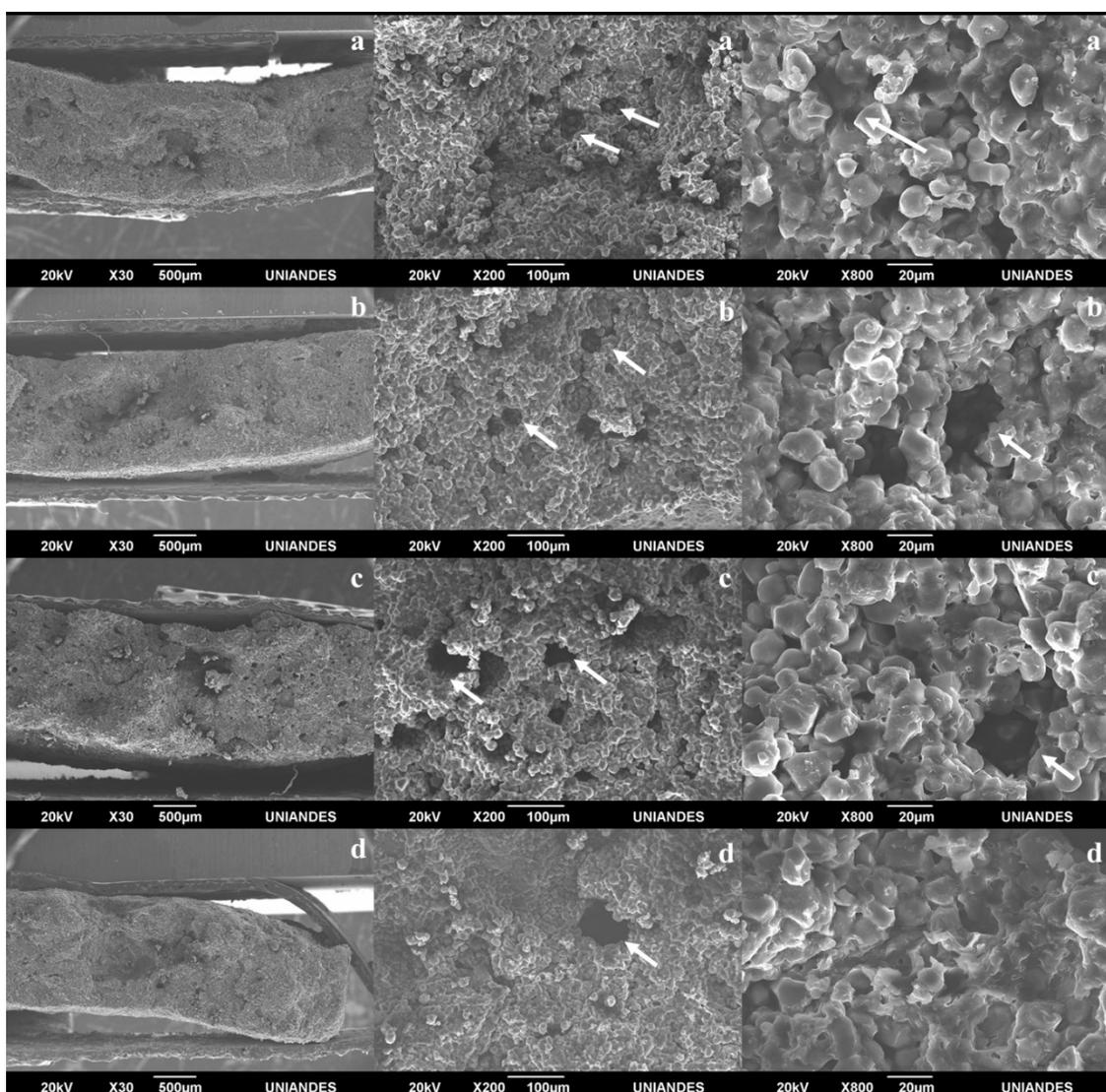


Figura 1. Micrografías que se refieren a la fractura de los tallarines de los tratamientos 2 (a), 4 (b), 1 (c) y 3 (d) con aumentos de 30 x 200 x y 800 x. Las flechas indican los poros de las sección transversal de los tallarines fracturados.

3.4 Color

El color es uno de los parámetros fundamentales que determinan la elección de los consumidores sobre un producto. Este puede verse afectado por las condiciones de procesamiento, formulaciones y/o a la presencia de ingredientes específicos, incluyendo los agregados para mejorar el valor nutricional (Marti et al., 2016; Petitot et al., 2010). La adición de las diferentes harinas usadas en este estudio resultó tener un efecto significativo en el color ($p < 0,05$) (Tabla 4), en particular debido al alto contenido de carotenoides (no cuantificados en este estudio) de PZD, lo que le proporciona a la mezcla una tonalidad naranja.

Al observar las coordenadas CIE_{L*a*b*} obtenidas para los diferentes tratamientos (Tabla 4), se evidencia una disminución significativa en el valor de las coordenadas L* (67,85 a 64,02) y b* (57,42 a 50,60) y un aumento del valor de a* (14,49 a 17,81) con el incremento de PZD en la formulación. Semejante a lo obtenido en este estudio, Mirhosseini et al. (2015) reportan que el valor de a* fue mayor (1,35 a 2,07) y el valor de b* menor (52,01 a 51,96) en pastas alimenticias con PZD alto (25 y 50%), debido al aumento del color naranja en la mezcla. Respecto a resultados obtenidos para pastas enriquecidas con otro tipo de harina vegetal; Marengo et al. (2018), desarrollaron PLG enriquecidas con papa de pulpa naranja; evidenciando que al aumentar la proporción de PZD en la formulación, disminuye la luminosidad (L*) y aumenta el valor de a* y b*, así como lo observado por Morreale et al. (2019), para PLG con harina de arroz y maíz (L* = 73,19 ± 0,21; a* = 3,97 ± 0,21 y b* = 29,70 ± 0,59).

Tabla 4. Análisis colorimétrico de los tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada.

T	L*	a*	b*
1	65,60 ± 0,27 ^d	17,71 ± 0,62 ^c	55,81 ± 2,99 ^c
2	65,48 ± 1,08 ^e	17,63 ± 0,82 ^d	54,92 ± 3,24 ^d
3	64,02 ± 0,20 ^g	17,29 ± 0,51 ^e	49,14 ± 1,87 ^g
4	67,85 ± 0,36 ^a	14,70 ± 0,64 ^h	56,40 ± 1,94 ^b
5	65,35 ± 0,56 ^f	17,81 ± 0,72 ^b	57,42 ± 1,90 ^a
6	65,75 ± 0,95 ^c	15,43 ± 0,43 ^g	48,79 ± 0,59 ^h
7	67,61 ± 0,28 ^b	14,49 ± 0,41 ⁱ	50,60 ± 2,12 ^f
8	62,17 ± 1,00 ⁱ	17,94 ± 1,12 ^a	50,71 ± 2,10 ^e
9	62,39 ± 0,41 ^h	16,77 ± 0,30 ^f	46,60 ± 0,62 ^g

T: Tratamiento. Los datos corresponden al promedio ± DE: Desviación Estándar (n = 5). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

3.5 Análisis sensorial

En la Figura 2 se muestra el promedio del puntaje obtenido para cada parámetro medido en la evaluación sensorial de aceptación, de TLG desarrollados con PZD, allí se observa que los parámetros con mayor puntaje son el color y el olor, los parámetros de textura son los menos aceptados (puntaje < 2). Por otro lado, se evidencia una disminución en la aceptación de los tallarines a medida que aumenta la proporción de PZD en la formulación. Sin embargo, según el análisis de varianza ANOVA y la prueba Tukey realizada, no hay diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

De manera similar, Minarovičová et al. (2017) reportaron que al aumentar el nivel de adición de PZD a la formulación de pastas alimenticias, decrece el puntaje de sabor y textura y aumenta el puntaje de color y olor, también señalaron que la formulación con mayor aceptación es la desarrollada con un nivel de adición de 10% PZD, dicha disminución en la aceptación sensorial de productos sin gluten se debe al aumento del contenido fibra dietaria, y al sabor vegetal residual que proporciona PZD (Kohajdová et al., 2011).

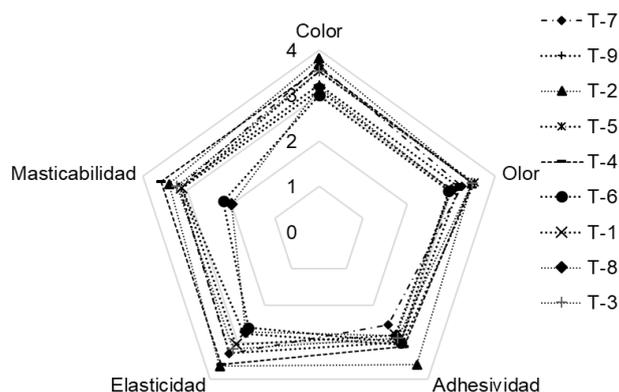


Figura 2. Aceptación sensorial de los tallarines libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada. Los valores corresponden al promedio de $n = 30$. (T: Tratamiento).

3.6 Optimización de las formulaciones

De acuerdo con los resultados de análisis de varianza para cada variable de respuesta con cada uno de los términos evaluados (lineal, cuadrático, cúbico especial y cúbico completo), las variables mejor explicadas por los modelos ($R^2 > 0,8$ y $p < 0,05$) fueron: adhesividad sensorial, masticabilidad sensorial y ganancia de peso. Para las demás variables no se obtuvieron modelos con alta significancia estadística (Tabla 5). El término con mayor grado ajuste a la variable adhesividad sensorial, fue el cúbico especial. Para la masticabilidad sensorial y para la ganancia de peso, fue el cuadrático. Dichas variables fueron usadas para hallar la formulación óptima.

En la Figura 3, se muestra el comportamiento de cada una de las variables, resaltándose el punto máximo para cada una de ellas (adhesividad: 5,03; masticabilidad sensorial 3,51 y ganancia: 1,50 g/g respectivamente). Teniendo en cuenta que a cada una se le asignó un peso de 1 y una importancia de 3, 2 y 1, respectivamente; se obtuvo como formulación óptima aquella con proporciones de PZD = 0,10; HÁ = 0,3859 y HM = 0,5141 g/g harina. Las gráficas de contorno de los atributos individuales fueron superpuestas para obtener una región óptima (Figura 3b) donde se cumplieron las condiciones especificadas en los parámetros adhesividad sensorial, masticabilidad sensorial y ganancia de peso. De las formulaciones desarrolladas la que más se asemejó a dicho resultado fue la correspondiente al tratamiento 2.

Tabla 5. Análisis de varianza de los términos lineal, cuadrático y cubico especial para cada parámetro estudiado.

Parámetros	Término	F	P	R ²	R ² ajustado
Color¹	Lineal	1,88	0,232	0,3858	0,1810
	Cuadrático	0,59	0,664	0,6131	0,0000
	Cúbico especial	0,77	0,474	0,7202	0,0000
	Cúbico completo	0,71	0,555	0,8361	0,0000
Olor¹	Lineal	5,65	0,042	0,6531	0,5375
	Cuadrático	0,73	0,598	0,7998	0,4662
	Cúbico especial	3,71	0,194	0,9299	0,7196
	Cúbico completo	0,03	0,894	0,9318	0,4545
Adhesividad¹	Lineal	2,22	0,190	0,4255	0,2340
	Cuadrático	0,32	0,812	0,5649	0,0000
	Cúbico especial	57,87	0,017	0,9855	0,9419
	Cúbico completo	1,34	0,454	0,9938	0,9503
Elasticidad¹	Lineal	0,94	0,441	0,2389	0,0000
	Cuadrático	0,82	0,563	0,5820	0,0000
	Cúbico especial	0,59	0,521	0,6778	0,0000
	Cúbico completo	1,08	0,487	0,8452	0,0000

Tabla 5. Continuación...

Parámetros	Término	F	P	R ²	R ² ajustado
Masticabilidad¹	Lineal	2,84	0,136	0,4862	0,3150
	Cuadrático	100,85	0,002	0,9950	0,9865
	Cúbico especial	7,94	0,106	0,9990	0,9959
	Cúbico completo	1,41	0,445	0,9996	0,9966
Tiempo de cocción	Lineal	2,34	0,177	0,4381	0,2508
	Cuadrático	4,21	0,134	0,8922	0,7125
	Cúbico especial	0,33	0,623	0,9075	0,6300
	Cúbico completo	13,41	0,170	0,9936	0,9486
Ganancia de peso	Lineal	0,79	0,496	0,2083	0,0000
	Cuadrático	11,03	0,040	0,9342	0,8245
	Cúbico especial	0,02	0,898	0,9349	0,7394
	Cúbico completo	0,01	0,941	0,9354	0,4833
Sólidos perdidos	Lineal	0,56	0,599	0,1571	0,0000
	Cuadrático	0,21	0,884	0,3032	0,0000
	Cúbico especial	13,30	0,068	0,9089	0,6358
	Cúbico completo	0,09	0,812	0,9166	0,3332
Proteína	Lineal	0,80	0,493	0,2102	0,0000
	Cuadrático	1,16	0,454	0,6337	0,0232
	Cúbico especial	0,01	0,920	0,6360	0,0000
	Cúbico completo	4,76	0,274	0,9368	0,4945
Almidón	Lineal	0,73	0,518	0,1967	0,0000
	Cuadrático	1,13	0,462	0,6221	0,0000
	Cúbico especial	0,01	0,930	0,6239	0,0000
	Cúbico completo	5,49	0,257	0,9421	0,5366
Cenizas	Lineal	0,48	0,641	0,1378	0,0000
	Cuadrático	0,87	0,544	0,5393	0,0000
	Cúbico especial	0,01	0,937	0,5411	0,0000
	Cúbico completo	13,61	0,169	0,9686	0,7487
Fibra dietaria	Lineal	0,96	0,435	0,2424	0,0000
	Cuadrático	1,37	0,401	0,6803	0,1475
	Cúbico especial	0,08	0,806	0,6924	0,0000
	Cúbico completo	2,82	0,342	0,9195	0,3559
Esfuerzo a la fractura*	Lineal	1,73	0,254	0,3664	0,1552
	Cuadrático	5,57	0,096	0,9036	0,7430
	Cúbico especial	0,01	0,923	0,9042	0,6168
	Cúbico completo	0,16	0,76	0,9172	0,3378
L*	Lineal	1,04	0,409	0,2579	0,0106
	Cuadrático	0,10	0,956	0,3240	0,0000
	Cúbico especial	0,11	0,771	0,3594	0,0000
	Cúbico completo	0,00	0,983	0,3599	0,0000
a*	Lineal	0,91	0,451	0,2330	0,0000
	Cuadrático	0,29	0,833	0,4042	0,0000
	Cúbico especial	0,70	0,49	0,5589	0,0000
	Cúbico completo	0,02	0,908	0,5682	0,0000
b*	Lineal	0,45	0,659	0,1298	0,0000
	Cuadrático	0,26	0,849	0,3116	0,0000
	Cúbico especial	7,35	0,113	0,8527	0,4110
	Cúbico completo	4,16	0,29	0,9715	0,7716

¹Atributos sensoriales medidos a los tallarines cocidos. F: Estadístico de prueba; P: significancia del modelo; R² y R² ajustado: Coeficientes de determinación ($p < 0,05$). En negrita se resaltan las variables mejor explicadas por los modelos ($R^2 > 0,8$ y $p < 0,05$).

En la Tabla 6 se muestran los coeficientes de cada modelo obtenido, además de la significancia de las variables independientes (PZD, HA y HM) y sus interacciones. En ella se evidencia que las variables de forma independiente no tienen un efecto significativo sobre las variables de respuesta; sin embargo, las interacciones entre ellas sí. Resultados similares fueron obtenidos por Codina & Mironeasa (2016) para panes libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada. Estos evidenciaron que las harinas evaluadas (pulpa de zapallo, semilla de zapallo y harina de trigo), de forma independiente no influyen significativamente en la porosidad del pan, mientras que sus interacciones sí.

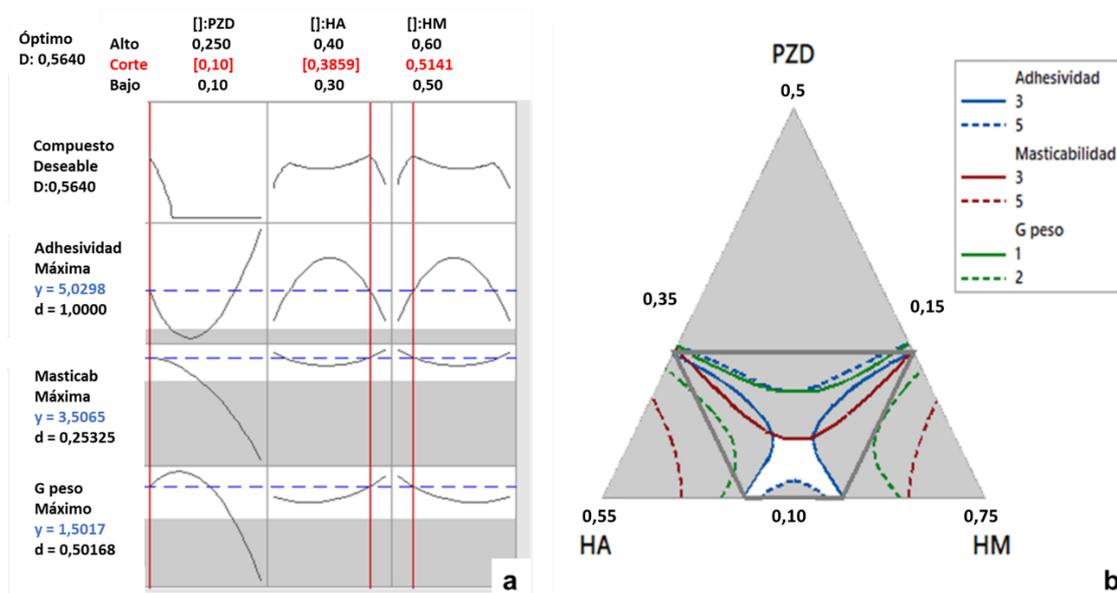


Figura 3. Optimización de la respuesta. a) Gráficas de optimización de la respuesta por cada variable y b) Parcelas de contorno superpuestas que muestran la región óptima (área sin sombreado). PZD: Pulpa de zapallo deshidratada; HA: Harina de Arroz; HM: Harina de Maíz; G peso: Ganancia de Peso (g/g).

Tabla 6. Coeficientes de regresión de los modelos predichos para parámetros adhesividad, masticabilidad sensorial y ganancia de peso.

Componente	Adhesividad sensorial	Parámetro Masticabilidad sensorial	Ganancia de peso (g/g)
PZD	-357	-68,9	-123,9
HA	-666	45,3	37,5
HM	-278	21,1	10,3
PZD*HA	2798*	60,9	131,0*
PZD*HM	1499*	61,1	162,8*
PZD*HA*HM	-6430*	-	-
HA*HM	-	-118,1*	-97,5*
P-valor	0,017*	0,002*	0,040*
R ²	0,9855	0,9950	0,9342
R ² ajustado	0,9419	0,9865	0,8245

PZD: Pulpa de Zapallo Deshidratada; HA: Harina de Arroz y HM: Harina de Maíz. *Significante en el nivel de $p < 0,05$. P: significancia del modelo; R² y R² ajustado: Coeficientes de determinación ($p < 0,05$).

4 Conclusiones

Con este estudio se lograron evidenciar diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto a los parámetros que determinan la calidad de los tallarines libres de gluten; sin embargo, no se hallaron diferencias en cuanto a la aceptación sensorial.

Se lograron obtener modelos matemáticos que describen variables de respuesta como adhesividad sensorial, masticabilidad sensorial y ganancia de peso, con una significancia $p < 0,05$ y valores de R^2 y R^2 ajustado altos ($> 0,8$). Para la adhesividad sensorial el término que mejor se ajustó fue el cúbico completo y para las otras dos variables fue el cuadrático. Finalmente, la formulación seleccionada como la óptima fue la correspondiente al tratamiento 2 (valores predichos: PZD = 0,10; HA = 0,3859 y HM = 0,5141 g/g harina; valores experimentales (PZD = 0,10; HA = 0,40 y HM = 0,50)).

Referencias

- American Association of Cereal Chemists – AACC. (2000). *AACC method 66-50: Pasta and noodle cooking quality: Firmness*. St. Paul: AACC.
- American Association of Cereal Chemists – AACC. (2001). *AACC method 08-01: Ash basic method*. St. Paul: AACC.
- ASTM International. (2016). *ASTM D2244 -16: Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates*. West Conshohocken: ASTM International.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC International. (2003). *AOAC 985-29: Enzimic gravimetric method for determination of dietary fiber in oat and corn grains* (Vol. 53). Gaithersburg: AOAC.
- Bastos, G. M., Soares Júnior, M. S., Caliari, M., Araujo Pereira, A. L., De Moraes, C. C., & Campos, M. R. H. (2016). Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 65, 128-136. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.067>
- Camelo-Méndez, G., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2018). Influence of blue maize flour on gluten-free pasta quality and antioxidant retention characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2739-2748. PMID:30042590. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-018-3196-9>
- Carpenter, R., Lyon, D., & Hasdell, T. (2009). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Catassi, C., Bai, J. C., Bonaz, B., Bouma, G., Calabrò, A., Carroccio, A., Castillejo, G., Ciacci, C., Cristofori, F., Dolinsek, J., Francavilla, R., Elli, L., Green, P., Holtmeier, W., Koehler, P., Koletzko, S., Meinhold, C., Sanders, D., Schumann, M., Schuppan, D., Ullrich, R., Vécei, A., Volta, U., Zevallos, V., Sapone, A., & Fasano, A. (2013). Non-celiac gluten sensitivity: The new frontier of gluten related disorders. *Nutrients*, 5(10), 3839-3853. PMID:24077239. <http://dx.doi.org/10.3390/nu5103839>
- Catassi, C., Gatti, S., & Lionetti, E. (2015). World perspective and celiac disease epidemiology. *Digestive Diseases* 33(2), 141-146. PMID:25925915. <http://dx.doi.org/10.1159/000369518>
- Codina, G. G., & Mironeasa, S. (2016). Application of D-optimal mixture design to optimize the wheat T-pumpkin composite flour for bread production. *Journal of Faculty of Food Engineering*, 15(1), 10-20.
- Coulter, T. P. (1984). *Food: The chemistry of its components*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Escalada Plaa, M., Ponce, N., Stortz, C., Gerschenson, L., & Rojas, A. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 40(7), 1176-1185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.006>
- Fiorda, F., Soares Junior, M., Silva, F., Grosmann, M. V. E., & Souto, L. R. F. (2013). Microstructure, texture and color of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 54(1), 132-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.020>
- Flores-Silva, P., Berrios, J., Pan, J., Osorio-Díaz, P., & Bello-Pérez, L. (2014). Gluten-free spaghetti made with chickpea, unripe plantain and maize flours: Functional and chemical properties and starch digestibility. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(9), 1985-1991. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12529>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC Internacional. (1973). *NTC 668: Alimentos y materias primas: Determinación de contenidos de grasa y fibra cruda*. Bogotá: ICONTEC Internacional.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC Internacional. (2009). *NTC 4566: Productos cárnicos: Determinación del contenido de almidón: Métodos de referencia*. Bogotá: ICONTEC Internacional.
- International Organization for Standardization – ISO. (2009). *ISO 1871: Food and feed products: General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method* (2nd ed.). Geneva: ISO.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., Jurasová, M., & Kukurová, K. (2011). Application of citrus dietary fiber preparations in biscuit production. *Journal of Food and Nutrition Research*, 50(3), 182-190.
- López-Mejía, N., Andrade-Mahecha, M. M., & Martínez-Correa, H. (2019). Modelamiento matemático de la cinética de secado de espagueti enriquecido con pulpa de zapallo deshidratada (*Cucurbita moschata*). *Revista Udca Actualidad & Divulgacion Científica*, 22(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1151>
- Manthey, F. A., & Schorno, A. (2002). Physical and cooking quality of spaghetti made from whole-wheat durum. *Cereal Chemistry*, 79(4), 504-510. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.4.504>

-
- Marengo, M., Amoah, I., Carpen, A., Benedetti, S., Zanoletti, M., Buratti, S., Lutterodt, H. E., Johnson, P.-N. T., Manful, J., Marti, A., Bonomi, F., & Iametti, S. (2018). Enriching gluten-free rice pasta with soybean and sweet potato flours. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2641-2648. PMID:30042580. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-018-3185-z>
- Marti, A., D'Egidio, M., & Pagani, M. (2016). Pasta: Quality testing methods. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman & F. Faubion. (Eds.), *Encyclopedia of cereal grains* (2nd ed., pp. 161-165). London: Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00132-7>.
- Marti, A., Ragg, E., & Pagani, M. (2018). Effect of processing conditions on water mobility and cooking quality of gluten-free pasta: A Magnetic Resonance Imaging study. *Food Chemistry*, 266, 17-23. PMID:30381172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.057>
- Marti, A., & Pagani, M. (2013). What can play the role of gluten in gluten free pasta? *Trends in Food Science & Technology*, 31(1), 63-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.001>
- Mastromatteo, M., Chillo, S., Iannetti, M., Civica, V., Sepielli, G., & Del Nobile, M. (2012). Influence of heat treatment on the quality of functional gluten-free spaghetti. *Food and Nutrition Sciences*, 3(04), 433-440. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.34062>
- Mendoza, F., Dejmeck, P., & Aguilera, J. M. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 285-295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.04.004>
- Minarovičová, L., Lauková, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Kuchtová, V. (2017). Effect of pumpkin powder incorporation on cooking and sensory parameters of pasta. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), 373-379. <http://dx.doi.org/10.5219/743>
- Mirhosseini, H., Abdul Rashid, N. F., Tabatabaee Amid, B., Cheong, K. W., Kazemi, M., & Zulkurnain, M. (2015). Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 63(1), 184-190. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.078>
- Morreale, F., Boukid, F., Carini, E., Federici, E., Vittadini, E., & Pellegrini, N. (2019). An overview of the Italian market for 2015: Cooking quality and nutritional value of gluten-free pasta. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 780-786. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13995>
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., & Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43(2), 634-641. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.020>
- Usha Junior, R., Lakshmi, M., & Ranjani, M. (2010). Nutritional, sensory and physical analysis of pumpkin flour incorporated into weaning mix. *Malaysian Journal of Nutrition*, 16(3), 379-387. PMID:22691991.
-

Financiamiento: Universitaria Agustiniana, proyecto INV-2018P-78.

Received: Nov. 19, 2018; Accepted: Oct. 07, 2019