



## Sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacha xanthorrhiza*) en la elaboración de noodles bajo en gluten

Partial substitution of wheat flour by modified white carrot (*Arracacha xanthorrhiza*) starch in the preparation of noodles low gluten

Jennifer Viviana Guerrero-Paramo<sup>1\*</sup>; Clara Elena Villacrés-Poveda<sup>1,2</sup>;  
María Monserrath Morales-Padilla<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica del Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Mejía, Ecuador.

ORCID de los autores

J. V. Guerrero-Paramo: <https://orcid.org/0009-0007-0981-2610> C. E. Villacrés-Poveda: <https://orcid.org/0000-0001-9660-5845>

M. M. Morales-Padilla: <https://orcid.org/0000-0001-9048-1538>

### RESUMEN

Los noodles en la actualidad son productos de alto consumo, que comúnmente se elaboran con harina de trigo, puesto que es uno de los granos más producidos a nivel mundial; sin embargo, el contenido de gluten en su composición puede afectar a la salud de los consumidores. Por ello, para la industria es un gran reto producir alimentos bajos en gluten. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) en la elaboración de noodles. Se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo Factorial A\*B+1, se evaluaron características químicas al almidón (nativo y modificado químicamente) y características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de los noodles. Se observó que el contenido de almidón total y amilopectina disminuye significativamente cuando se modifica químicamente el almidón; mientras que, la amilosa aumenta considerablemente. Por otro lado, al utilizar 100 % de harina de trigo presentó mayor humedad (10,14%); ceniza (0,70%); proteína (14,44%) y gluten (14,44%); mientras que, al emplear 100% de almidón modificado de los dos ecotipos se obtiene bajos niveles de gluten (0,001). Con relación a las características reológicas el 25% y 50% de almidón modificado de ambos ecotipos permitió obtener resultados similares al tratamiento testigo, finalmente, se demostró que al adicionar 75 % de almidón modificado del ecotipo ECU 18989 se obtuvo las mejores intensidades de olor (4,95), sabor (4,95), retrogusto (6,05) y firmeza (6,65).

**Palabras clave:** *Arracacha xanthorrhiza*; Almidón; Ecotipo; Modificación; Noodles; Reología; Retrogusto.

### ABSTRACT

Noodles are currently highly consumed products, which are commonly made with wheat flour, since it is one of the most produced grains worldwide; however, the gluten content in its composition can affect the health of consumers. It is a great challenge for the industry to produce foods low in gluten. The aim of this research was to evaluate the partial substitution of wheat flour by modified white carrot starch (*A. xanthorrhiza*) in the preparation of noodles. A completely randomized design with factorial arrangement A\*B+1 was used to evaluate the chemical characteristics of starch (native and chemically modified) and the physicochemical, rheological and sensory characteristics of the noodles. It was observed that total starch and amylopectin content decreased significantly when starch was chemically modified, while amylose increased considerably. On the other hand, using 100% wheat flour presented higher moisture (10.14%); ash (0.70%); protein (14.44%) and gluten (14.44%); while, when using 100% modified starch of the two ecotypes, low levels of gluten were obtained (0.001). In relation to the rheological characteristics, 25% and 50% modified starch of both ecotypes allowed obtaining similar results to the control treatment. Finally, it was demonstrated that the addition of 75% modified starch of ecotype ECU 18989 gave the best intensities of odor (4.95), flavor (4.95), aftertaste (6.05) and firmness (6.65).

**Keywords:** *Arracacha xanthorrhiza*; Starch; Eco-type; Modification; Noodles; Rheology; Aftertaste.

## 1. Introducción

La tendencia de los alimentos bajos en gluten sigue creciendo como una opción saludable a pesar de la ausencia de una declaración de salud/nutrición asociada con el contenido de gluten. Dado el alto contenido de carbohidratos y la popularidad de los productos a base de cereales, es crucial explorar su reducción en esta categoría a través de la literatura científica y el análisis del mercado global (Gasparre et al., 2024). El consumo de noodles (fideos) ha aumentado en todo el mundo debido a su conveniencia, palatabilidad, estabilidad en el almacenamiento y asequibilidad, los fideos son productos de pasta elaborados principalmente con harina, agua y sal (Prerana & Anupama, 2019). Se elaboran principalmente mediante un proceso de mezcla de materias primas, laminado de masa, composición, laminado/laminado y corte. Las hebras de fideos que salen de los rollos de corte se procesan aún más para producir diferentes tipos de fideos (Aranivar, 2020; Adejunwon et al., 2020).

Generalmente la harina de trigo utilizada para hacer fideos es rica en almidón, pero baja en proteínas (aminoácidos esenciales, especialmente lisina), fibra dietética y vitaminas que se pierden durante el refinamiento (Ahmad et al., 2016). Algunas investigaciones han intentado solucionar este problema sustituyendo la harina de trigo por diversos alimentos ricos en proteínas y fibra, como es la adición de hortalizas, vegetales y tubérculos como espinaca, tomates y zanahorias, que contribuyen en la calidad nutricional del producto terminado (Singh et al., 2018).

El enriquecimiento de noodles con una fuente vegetal (zanahoria) no es una nueva vía para que la industria de los fideos brinde una opción más saludable a los consumidores, sino que también mejorará nutricionalmente los fideos con micronutrientes como vitaminas, minerales, fibras dietéticas y fitoquímicos (Shere et al., 2018). La incorporación de almidón de zanahoria mejora las cualidades sensoriales, culinarias y nutricionales de los fideos, además, puede ayudar a aumentar la ingesta de vegetales en la dieta de los consumidores a través de una matriz alimentaria que es muy apreciada por todos los grupos de edad (Prerana & Anupama, 2019).

La zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) es una de las hortalizas más importantes del mundo, es rica en antioxidantes saludables de naturaleza tanto lipófila (carotenoides) como hidrófila (compuestos fenólicos) (Xiaofu, 2008). Son una excelente fuente de fibra dietética y minerales como calcio, fósforo, hierro y magnesio. Además, contienen

betacaroteno como antioxidante que puede prevenir enfermedades cardíacas y cáncer de piel. Por esta razón el objetivo de la presente investigación fue evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) en la elaboración de noodles.

## 2. Metodología

### Material vegetal

El almidón a partir de los ecotipos ECU 18963 y ECU 18989 de *A. xanthorrhiza* se obtuvieron en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), situada a 13 km. al sur de Quito, Ecuador con una Latitud: 0°22'S, Longitud: 78°33'O y a una altura de 3050 m.s.n.m.

### Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial A\*B+1, evaluando 8 tratamientos, con tres repeticiones (Tabla 1). Para determinar la significancia estadística en las diferentes formulaciones se utilizó la prueba de comparación múltiple Tukey ( $p < 0,05$ ) mediante el paquete estadístico Infostat 2.0.

**Tabla 1**

Nivel de incorporación de almidón de *A. xanthorrhiza* modificado

Tratamientos	Descripción
T1	25 %AZB (ECU 18963) + 75 %HT
T2	50 % AZB (ECU 18963) + 50 % HT
T3	75 % AZB (ECU 18963) + 25 % HT
T4	100 % AZB (ECU 18963) + 0 % HT
T5	25 %AZB (ECU 18989) + 75 %HT
T6	50 % AZB (ECU 18989) + 50 % HT
T7	75 % AZB (ECU 18989) + 25 % HT
T8	100 % AZB (ECU 18989) + 0 % HT
Test	100 % HT

Nota. AZB: Almidón de *A. xanthorrhiza*; HT: Harina de trigo.

### Preparación de almidón

Previo a la elaboración de los noodles, se realizó la modificación física del almidón de *A. xanthorrhiza*, a través de la pre-cocción del almidón en microondas (marca LG, 30s, 1000 watts de potencia), se tomaron muestras de 25, 50, 75 y 100 g de almidón, a continuación, se hidrataron con 30% de agua. Las muestras se introdujeron en un horno microondas a una potencia de 900 W en un ciclo de 30 s cada una (Yilmaz & Tugru, 2023).

### Preparación de noodles

Los noodles se elaboraron sustituyendo parcialmente la harina de trigo por almidón modificado de *A. xanthorrhiza* (Tabla 1), para cada mezcla se añadieron 60 mL de agua y se homogenizó mediante amasado manual, mientras que, el control positivo se preparó con harina de trigo 100 % y 60 mL de agua, la masa se laminó a 3 mm de espesor y se troqueló en forma de fideos de pasta larga a través de una máquina troquelera (marca Marcato – modelo 579.00) , el secado se realizó a 70 °C en una estufa (Memmert) hasta alcanzar 10% de humedad (Ponce et al., 2018).

### Caracterización química de almidón nativo vs almidón modificado

**Determinación de almidón total, amilosa y amilopectina de las noodles.** El contenido total de almidón se determinó utilizando el método de amiloglucosidasa- $\alpha$ -amilasa (AOAC 996.11:2005). Mientras que, el contenido de amilosa se obtuvo por el método espectrofotométrico establecido por la norma ISO 6647-1, 2021 y la variable amilopectina se calculó restando el contenido de amilosa del contenido total de almidón.

**Determinación de los componentes de la textura de noodles.** Los componentes de textura (fracturabilidad, gomosidad y viscosidad) se determinaron utilizando un texturómetro (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, UK). Las mediciones se realizaron 10 min después de la cocción de los noodles, siguiendo el método AACC 74-09, 1999, cabe mencionar que, los ajustes del instrumento fueron del modo de tracción hasta ruptura: Velocidad de prueba 1 mm/s.

**Determinación de gluten húmedo.** La determinación del contenido de gluten húmedo de la harina de trigo, se realizó por el método de lavado manual (ISO 21415-1:2006).

### Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se organizó un panel de 25 jueces aleatorios no entrenados, de los cuales 14 fueron mujeres y 11 correspondieron al sexo masculino, utilizando el test de preferencia por ordenamiento (escala hedónica de 10 puntos) para evaluar la aceptabilidad y seleccionar el tratamiento con mejores características según las categorías evaluadas. Al panel se le solicitó, que después de la catación respondieran cuanto le gusto o disgusto cada uno de los tratamientos.

### Análisis microbiológico

Se realizó el recuento de mohos y levaduras según el método AOAC, 997.02, 2022; Aerobios mesófilos siguiendo la metodología establecida en AOAC 990.12, 2022; Coliformes totales mediante el método AOAC 991.14, 2022 y *Staphylococcus Aureus* con la metodología establecida en la AOAC 2001.05, 2022.

## 3. Resultados y discusión

### Propiedades químicas del almidón nativo vs almidón modificado de *A. xanthorrhiza*

En la Tabla 2 se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los ecotipos de *A. xanthorrhiza* en estado nativo y modificado en las variables de amilosa y amilopectina, a diferencia del contenido de almidón total que no existe incidencia entre los resultados.

El almidón total del ecotipo en estado nativo presentó valores 98,58% a 98,96%; mientras que, los almidones modificados obtuvieron 56,75% a 56,91%. Por otro lado, el contenido de almidón total en estado nativos oscila entre 75% – 89%, dependiendo del material vegetal, esta variabilidad depende de factores, como el estado de madurez de la materia prima, origen botánico y los métodos analíticos (Gulia et al., 2014).

En el contenido de amilosa para los almidones nativos y modificados químicamente presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los ecotipos reportando valores comprendidos entre 16,65% a 30,39% y 18,74% y 34,12% respectivamente. De acuerdo con Gulia et al. (2014) en su investigación, indicó que, la presencia de altos niveles de amilosa mejora la funcionalidad de los almidones, demostrando que, a mayor contenido de amilosa, mayor capacidad de formación de película. Algunos autores, han determinado un valor promedio de 15,16% de amilosa en almidón de zanahoria modificado por irradiación.

Para el contenido de amilopectina en los ecotipos nativos se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) obteniendo resultados entre 69,60% y 83,35%. Por otro lado, el almidón modificado de los dos ecotipos presentaron una disminución considerable reportando valores de 65,86% y 79,03%. Estos resultados son similares a los obtenidos por Menzel et al. (2015) quienes determinaron un contenido de 80% en almidones de patata genéticamente modificados. Mientras que, Velásquez-Barreto et al. (2021) obtuvieron de 80% - 95% para en almidones nativos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y olluco (*Ullucus tuberosus*).

**Tabla 2**

Contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones nativos y modificados de *A. xanthorrhiza*

Parámetros	Almidones en estado nativo		Almidones modificados	
	ECU 18963	ECU 18989	ECU 18963	ECU 18989
Almidón total (%)	98,58±0,54a	98,96±0,64a	56,75±0,01a	56,91±0,11a
Amilosa (%)	16,65±0,63a	30,39±0,16b	18,74±0,06a	34,12±0,02b
Amilopectina (%)	83,35±0,63b	69,60±0,16a	79,03±0,02b	65,86±0,14a

Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0,05) Tukey Nivel de confianza 95%.

**Caracterización fisicoquímica de noodles**

En la Tabla 3 se muestran las características fisicoquímicas (humedad, cenizas, proteína, acidez titulable y gluten) de los noodles obtenidas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de *A. xanthorrhiza*.

Los resultados mostraron que el contenido de humedad fue significativamente diferente (p < 0,05), presentando un rango entre 6,21% a 10,14%. De esta forma, se demostró que, en las muestras donde se utilizó mayor concentración de almidón de zanahoria se obtuvo menor contenido de humedad. Sin embargo, los resultados de los tratamientos se encuentran dentro del rango máximo establecido por norma técnica ecuatoriana "INEN 1375: 2014" que menciona que, una pasta alimenticia seca debe tener 14% de humedad. Por otro lado, Martínez-Mora et al. (2016) determinó una humedad de 9,80% en pasta a partir de almidón de banano.

El contenido de ceniza presentó diferencia significativa (p < 0,05), denotando que, el mayor valor se situó en el tratamiento testigo (0,70%); mientras que, el menor valor en el T4 con 0,44%. Esto demuestra que, a mayor concentración de harina de trigo, mayor contenido de ceniza. De acuerdo con Sirichokworrakita & Juthamat-Phetkhuta (2015), el contenido de cenizas depende de la calidad de la harina, por tanto, corresponde al mayor contenido de minerales. Además, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1375:2014, que establece un máximo de 0,85%.

En cuanto al contenido de proteína el mayor contenido se situó en el tratamiento testigo (14,44%) mientras que, el menor valor se determinó en los T4 y T8 con 1,17% y 1,22% respectivamente. Con esto se demuestra que la mayor incidencia se obtuvo al emplear altas concentraciones de harina de trigo, a diferencia del almidón de zanahoria, donde el contenido disminuyó significativamente. Esto se corrobora con lo establecido por Cobo et al. (2013) quienes al elaborar fideos (noodles) a partir de harina de trigo y chocho obtuvieron un contenido de proteína de 6,98% - 16,60%. Según, González et al. (2021) las proteínas en la harina de trigo rondan entre el 9% al 14%; mientras que, la zanahoria blanca tiene aproximadamente 2,2%. Respecto al contenido de gluten, los tratamientos que se emplearon mayor concentración de almidón de zanahoria obtuvieron menor cantidad de gluten, en comparación, al utilizar mayor cantidad de harina de trigo. Demostrando que, el tratamiento testigo (100% harina de trigo) obtuvo 14,44% de gluten y el T4 y T8 (100% almidón de zanahoria de ECU 1863y ECU 18989) presentó una pequeña cantidad de 0,001%. La zanahoria blanca, debido a que la actividad amilasa es baja, posee menor contenido de gluten (Adegunwa et al., 2012). Por su parte, Yao et al. (2020) al realizar fideos con almidón de trigo obtuvo un contenido de gluten entre 8,0% y 11,6%, mencionando que el trigo en estado natural tiene altas concentraciones de gluten (14-15%).

**Tabla 3**

Características fisicoquímicas de noodles con sustitución parcial de almidón *A. xanthorrhiza*

Tratamientos	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Gluten (%)
T1	7,44±0,24bc	0,50±0,01ab	10,65±0,15f	7,99±0,11g
T2	8,06±0,03d	0,62±0,03d	8,18±0,02d	4,09±0,01e
T3	8,64±0,42de	0,49±0,01ab	5,66±0,17c	1,42±0,04d
T4	9,22±0,13e	0,44±0,01a	1,17±0,03a	0,001±0,01a
T5	6,21±0,08a	0,54±0,01bc	11,73±0,07g	8,80±0,05h
T6	7,10±0,30b	0,53±0,03bc	8,58±0,12e	4,29±0,06f
T7	7,59±0,31bc	0,57±0,03cd	5,23±0,06b	1,31±0,02c
T8	10,01±0,52f	0,55±0,05bc	1,22±0,06a	0,001±0,0001a
TES.	10,14±0,05g	0,70±0,002e	14,44±0,14h	14,44±0,14i

Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0,05) Tukey Nivel de confianza 95%.

**Caracterización reológica de los noodles**

En la Tabla 4 se puede observar los resultados obtenidos en las características reológicas (fracturabilidad, adhesividad y gomosidad) de los diferentes tratamientos estudiados.

Para el parámetro de fracturabilidad se puede observar que el T7 (0,0054) presentó la mayor fracturabilidad y los T1 (0,0063) y T5 (0,0057) obtuvieron una menor fracturabilidad, esto se debe a que la harina de trigo permite obtener un producto con mayor resistencia, es decir a ser menos quebradizos. Investigadores como Axtentii et al. (2023) demostraron, que, al reemplazar parcialmente la harina de trigo por harina de cañamo en la elaboración de fideos mostró una disminución en la fracturabilidad en comparación con la muestra control (100% harina de trigo). Además, al producir pasta tipo espagueti a partir de harina de habas y camote presentaron un fracturabilidad < 0,394 (Giménez et al., 2013).

Con relación a la adhesividad los T4 (6,5127) y T8 (7,4720), que presentaron valores más altos, en comparación al tratamiento testigo (2,2417) que posicionó la menor adhesividad. Kumalasari et al., (2021), en su investigación obtuvo una adhesividad inferior (7,66 ± 6,41) al elaborar fideos sin gluten. Cabe mencionar que, la adhesividad está relacionada con la cantidad de agua absorbida por la matriz durante el proceso de cocción, a medida que aumenta la cantidad de agua absorbida por el almidón se produce la solubilización de la amilosa en el agua de cocción y presencia de amilopectina en la superficie de los noodles, aumentando la adhesividad de la misma (Castaño et al., 2019).

En cuanto a la gomosidad, el T1 (0,0063) y T5 (0,0057) reportaron un valor similar al tratamiento testigo (0,0054), siendo estadísticamente menor (p < 0,05) de los tratamientos T4 (0,0883) y T8 (0,1177), es necesario mencionar que, los valores superiores se deben a que la concentración de almidón de *A. xanthorrhiza* fue mayor. La

gomosidad se refiere a la cantidad de movimiento que el alimento podría soportar antes de desintegrarse (Rodríguez et al., 2018). Según Orlu et al. (2022) expuso que, al utilizar harina compuesta (trigo y plátano) en fideos instantáneos, obtuvieron una gomosidad entre 0,62% a 0,80%.

**Análisis del perfil sensorial de noodles**

En la Figura 1 se muestran los resultados de las características sensoriales (color, olor, apariencia, sabor extraño, textura, regusto y firmeza) de las noodles.

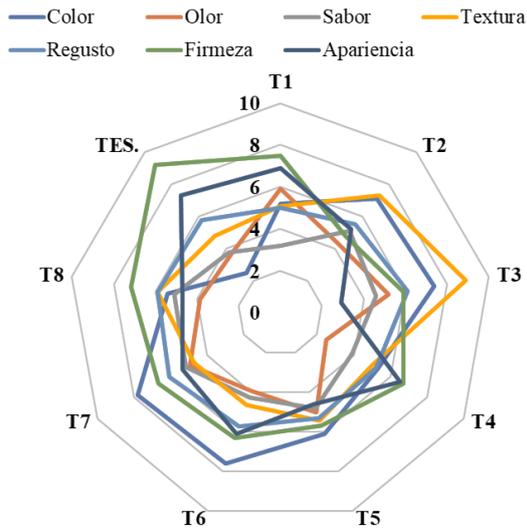
De acuerdo con las percepciones de los catadores el tratamiento testigo presentó un color crema, mientras que el T2, T3, T6 y T7 demostraron una coloración marrón a diferencia de los demás tratamientos. El olor en el T1 y T5 son muy intensos en comparación al T4 que fue poco apreciable. En cuanto al sabor, el T7 obtuvo un sabor extraño muy intenso a diferencia de T1 que fue inapreciable. La textura en el T3 fue muy pegajosa mientras que el T6 obtuvo una textura no pegajosa. El regusto no presentó diferencias significativas (p < 0,05) entre los tratamientos frente al tratamiento testigo. La firmeza en el tratamiento testigo fue integra, al igual que los tratamientos T1 y T5, sucediendo lo contrario en el T2 que sitúo una firmeza muy frágil. La apariencia en el tratamiento testigo fue agradable en comparación con el T3 que fue desagradable. Algunos investigadores al elaborar fideos con inclusión de harina de pan, konjac y calabaza obtuvieron excelentes resultados sensoriales y una buena aceptabilidad por parte de los consumidores, así como también con harina de yuca, trigo y soja (Purwandari et al., 2014). Por otro lado, Herawati et al. (2017) al utilizar harina de *Canna edulis* Kerr y almidón de *Arenga pinnata* Merr no presentaron alteraciones en los atributos sensoriales de los fideos.

**Tabla 4**

Caracterización reológica de noodles obtenidas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por almidón *A. xanthorrhiza*

Tratamientos	Fracturabilidad	Adhesividad	Gomosidad
T1	0,0063±0,0006ab	3,8103±0,24bc	0,0063±0,0006ab
T2	0,0077±0,0006d	4,0847±0,1358d	0,0077±0,0006d
T3	0,0287±0,012g	4,2163±0,2507de	0,0287±0,012g
T4	0,0883±0,0076gh	6,5127±0,3518i	0,0883±0,0076gh
T5	0,0057±0,0006a	3,7770±0,2998b	0,0057±0,0006a
T6	0,0083±0,0006de	4,6507±0,2606f	0,0083±0,0006de
T7	0,087±0,0006def	5,1730±0,3500g	0,087±0,0006def
T8	0,1177±0,0006h	7,4720±0,3279h	0,1177±0,0006h
TES.	0,0054±0,0030abc	2,2417±0,3202a	0,0054±0,0030abc

Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0,05) Tukey Nivel de confianza 95%.



**Figura 1.** Análisis del perfil sensorial de noodles con sustitución parcial y total de harina de trigo por almidón modificado de *A. xanthorrhiza*,

#### 4. Conclusiones

En cuanto a las propiedades químicas de los almidones en estado nativo vs almidones modificados entre ambos ecotipos, se denotó que el contenido de almidón total y amilopectina disminuye significativamente cuando se modifica químicamente el almidón; mientras que, la amilosa aumenta considerablemente. En cuanto a las características fisicoquímicas del producto elaborado (noodles) el tratamiento testigo, donde se utilizó 100% de harina de trigo presentó mayor contenido de humedad (10,14%); ceniza (0,70%); proteína (14,44%) y gluten (14,44%), cabe mencionar que al emplear 100% de almidón modificado de los dos ecotipos estudiados se obtiene bajos niveles de gluten (0,001).

En relación a las características reológicas las concentraciones de 25% y 50% de almidón modificado de ambos ecotipos permitió obtener resultados similares al tratamiento testigo. Los tratamientos estudiados presentaron diferencia significativa frente al tratamiento testigo, que situó los mayores valores. Por otro lado, en la caracterización sensorial, las muestras, presentaron una coloración marrón, es necesario enfatizar que al adicionar 75% de almidón modificado del ecotipo ECU 18989 se obtuvo las mejores intensidades de olor (4,95), sabor (4,95), retrogusto (6,05) y firmeza (6,65). Por ello, se concluye que la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de ambos ecotipos permite obtener excelentes resultados y puede ser una alternativa viable y factible para la elaboración de noodles. Es importante mencionar

que esta investigación es un punto de partida para emplear el almidón de zanahoria blanca en la industria manufacturera como es la producción elaborada de pastas con bajo contenido de gluten.

#### Referencias bibliográficas

- Adegunwa, M., Bakare, H., & Akinola, O. (2012). Enrichment of noodles with soy flour and carrot powder. *Nigerian Food Journal*, 30, 74-81. [https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30016-3](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30016-3)
- Adejunwon, O. H., Jideani, A. I., & Falade, K. O. (2020). Quality and public health concerns of instant noodles as influenced by raw materials and processing technology. *Food Reviews International*, 36(3), 1-42. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1642348>
- Ahmad, M., Ahmed Wani, T., Wani, S., & Masoodi, F. G. (2016). Incorporation of carrot pomace powder in wheat flour: Effect on flour, dough and cookie characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 3715-3724. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2345-2>
- Aranivar-Vaca, C. (2020). Utilización de chía (*Salvia hispánica* L.) en la formulación de productos tradicionales elaborados a base de harina de trigo [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional de Córdoba.
- Axentii, M., Stroe, S.-G., & Codină, G. G. (2023). Development and quality evaluation of rigatoni pasta enriched with hemp seed meal. *Foods*, 12(9), 1774. <https://doi.org/10.3390/foods12091774>
- Castaña, F., Correa, D., & Agudelo, L. (2019). Elaboración de productos tipo tallarin libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. *Rev. Udca Actual. Divulg. Cient.*, 22(1). <https://doi.org/10.31910/Rudca.V22.N1.2019.1194>
- Cobo, C., Quiroz, M., & Santacruz, S. (2013). Sustitución parcial de trigo (*Triticum aestivum*) por zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* B.) en la elaboración de pan. *Avances de Ciencia y Tecnología*, 5(2), C41-C44.
- Gasparre, N., Rosell, C. M., & Boukid, F. (2024). The growing popularity of low-carb cereal-based products: the lay of the land. *Eur Food Res Technol*, 250, 455-467. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04399-3>
- Giménez, M., González, R., Wagner, J. T., Lobo, M., & Samman, N. (2013). Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. *Food Chemistry*, 136, 538-545. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.068>
- González, L., Guemes, N., Soto, S., Hernández, J., Quintero, A., & Piloni, J. (2021). Quality properties of doughs and noodles using chayotextle (*Sechium edule*) flours. *Food Science and Technology*, 41(1), 158-166. <https://doi.org/10.1590/fst.30219>
- Gulia, N., Dhaka, V., & Khatkar, B. S. (2014). Instant noodles: Processing, quality, and nutritional aspects. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 54(10), 1386-1399. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.638227>
- International Standardization Organization [Iso 21415-1] (2006). Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 1: Determinación del gluten húmedo mediante un método manual. <https://www.iso.org/standard/35863.html>
- International Standardization Organization [Iso 6647-1]. (2021). Determinación del contenido de amilosa. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=n0065484>
- Instituto de Normalización Ecuatoriana [Inen] (2014). Norma Técnica Ecuatoriana 1375. Pastas alimenticias o fideos secos. Requisitos. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador.
- Kumalasari, R., Sholichah, E., Haryanto, A., Hanifah, U., Indah-Mayasti, K., & Dwi-Yuniar, A. (2021). Evaluation of uniformity of physical and texture quality in manufacture of gluten-free noodles using single-screw extruders: A case study on local SMEs in Subang district - Indonesia. *Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1590/fst.82421>

- Martínez-Mora, E., Criollo-Feijoo, J., Silverio-Calderón, C., & Díaz-Torres, R. (2016). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo - almidón de banano. *Cumbres*, 4(1), 63-73. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v4n1a6>
- Menzel, C., Andersson, M., Andersson, R., Vázquez-Gutiérrez, J. L., Geoffrey, D., Langton, M., . . . Koch, K. (2015). Improved material properties of solution-cast starch films: Effect of varying amylopectin structure and amylose content of starch from genetically modified potatoes. *Carbohydrate Polymers*, 130, 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.024>
- Orlu, C., Akusu, O. M., Wordu, G. O., & Chibor, B. S. (2022). Physicochemical, textural and sensory characteristics of instant noodles produced from wheat and plantain flour blends, spiced with ginger. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4, 2684-1827. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.6.549>
- Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2018). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la producción de pasta larga. *Información Tecnológica*, 29(2). <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000200195>
- Prerana, S., & Anupama, D. (2019). Influence of carrot puree incorporation on quality characteristics of instant. *J Food Process Eng*, 1-8. <https://doi.org/10.1111/Jfpe.13270>
- Purwandari, U., Khoiri, A., Muchlies, M., Noriandita, B., Zeni, N., Lisdayana, N., & Fauziyah, E. (2014). Evaluación textural, de calidad culinaria y sensorial de fideos sin gluten elaborados con harina de fruta del pan, konjac o calabaza. *Revista Internacional de Investigación Alimentaria*, 21, 1623-1627. <https://doi.org/10.3390/nu14132641>
- Rodríguez, G., Lizarazo, C., González, A., Montes, N., & Ruiz, R. (2018). Effects of transglutaminase on the proximal and effects of transglutaminase on the proximal and quinoa. *Rev. Fac. Agron.* 35, 188-201.
- Shere, P., Devkotte, A., & Pawar, V. (2018). Cooking and textural qualities of carrot incorporated instant noodles. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 3040-3045.
- Velásquez-Barreto, F. F., Bello-Pérez, L. A., Nuñez-Santiago, C., Yee-Madeira, H., & Velezmoro-Sánchez, C. E. (2021). Relationships among molecular, physicochemical and digestibility characteristics of Andean tuber starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 472-481. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.039>
- Singh, J., Kaur, S., & Rasane, P. (2018). Evaluation of the nutritional and quality characteristics of black carrot fortified instant noodles. *Current Nutrition & Food Science*, 14(5), 442-449. <https://doi.org/10.2174/1573401313666170724115548>
- Sirichokworakita, S., & Juthamat, A. K. (2015). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz en la calidad de los fideos. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 197, 1006-1012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.294>
- Xiaofu, B. (2008). Fub (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials and processing. *Food Research International*, 41(9), 888-902. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.11.007>
- Yılmaz, A., & Tugru, N. (2023). Efecto del tratamiento con ultrasonido-microondas y microondas-ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas del almidón de maíz. *Sonoquímica Ultrasonica*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106516>
- Yao, M., Li, M., Dhital, S., Tian, Y., & Guo, B. (2020). Texture and digestion of noodles with varied gluten contents and cooking time: The view from protein matrix and inner structure. *Food Chemistry*, 315, 126230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126230>

