

La melatonina como agente de textura en pastas de harina de amaranto

Melatonin as texture agent in amaranth flour pasta

María Fernanda Ríos Ríos¹, Thania Alejandra Urrutia Hernández^{1*}, Aurora Quintero Lira¹, César Uriel López Palestina¹, Javier Piloni Martini¹ y Beatriz del Carmen Coutiño Laguna¹.

¹Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos. Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
thania_urrutia9356@uaeh.edu.mx¹

Resumen

La pasta es un alimento de amplio consumo alrededor del mundo. Nutricionalmente, posee un alto contenido de carbohidratos complejos, bajos niveles de grasa y proteínas. Con el propósito de incrementar su valor nutrimental y ofrecer alternativas sensoriales o bajas en gluten, diferentes investigadores han formulado pastas a partir de harinas de cereales y leguminosas. Sin embargo, las formulaciones novedosas con ingredientes no convencionales que preserven las propiedades de cocción en la pasta son un reto debido a una menor participación del gluten, que, junto con el almidón, son los responsables de la textura de la pasta. En el presente trabajo una pasta elaborada con semolina y harina de amaranto fue adicionada con melatonina como agente tecnológico de textura. Los parámetros de rompimiento, fracturabilidad y dureza fueron medidos en pasta seca, mientras que la firmeza y el trabajo de corte se evaluaron en pasta cocida. La sustitución de semolina por harina de amaranto aumentó en las pastas su resistencia al rompimiento y la fracturabilidad en comparación a la pasta 100% semolina, mientras que la melatonina incrementó la firmeza y el trabajo de corte en pastas cocidas, atributos deseables para el consumidor que busca pastas suaves y estables a la cocción.

Palabras clave: amaranto, melatonina, pasta, textura.

Abstract

Pasta is a widely consumed food around the world. Nutritionally, it has a high content of carbohydrates, low levels of fat and protein. In order to increase its nutritional value and offer sensorial or low-gluten alternatives, researchers have formulated pastas from cereal and legume flours. However, novel formulations with non-conventional ingredients preserving cooking quality of the pasta is a challenge, due to a lower participation of gluten, which together starch, are responsible of texture of pasta. In this work, a pasta made with semolina and amaranth flour was added with melatonin as a technological texture agent. The amaranth flour increased the gelling properties of gluten. The parameters of breaking stress, fracturability and stiffness were measured in dry pasta, while firmness and cutting work were evaluated in cooked pasta. Substitution of semolina with amaranth flour increased the breaking stress and fracturability of amaranth pasta compared to 100% semolina pasta, while melatonin increased firmness and work of shear in cooked pasta, desirable attributes for consumers seeking soft and stable pastas during cooking.

Introducción

La pasta es un alimento de amplio consumo en el mundo gracias a su valor nutricional, sensorial, y conveniencia (IPO, 2021). De manera tradicional, este alimento se elabora principalmente con sémola, agua y otros ingredientes (Rueda, 2007). La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) consideran que la pasta es un alimento apropiado para transportar ingredientes con alto valor nutrimental. Debido a la creciente popularidad y la demanda de consumidores con estilos de vida más saludables, los investigadores y la industria se han esforzado para rebasar los límites de la pasta tradicional con la elaboración de productos con nuevos ingredientes (Bianchi, et al., 2021), que además de nutritivos, mejoren las propiedades tecnológicas del alimento.

El amaranto es un pseudocereal con niveles significativos de fibra dietética (19.5-49.3%), de proteína (12-19%) rica en metionina y lisina, así como de vitaminas y minerales (Jatav et al., 2016). Gracias a estas propiedades, el amaranto ha sido incorporado en alimentos como el pan, el pastel y la pasta. Su adición a las pastas aumenta su valor nutrimental principalmente en proteína, fibra y en menor grado minerales, lo cual es ideal para una dieta saludable (Alizadeh et al., 2024). Además, a nivel tecnológico, las pastas que incluyen amaranto en su formulación suelen ser más estables que aquellas formuladas con cereales y legumbres debido a su bajo contenido de amilosa.

Un producto de reciente uso en los alimentos es la melatonina. Se trata de una hormona secretada por la glándula pineal que participa en la regulación del ciclo circadiano (Salehi et al., 2019). En la naturaleza, la melatonina es conocida como fitomelatonina, y se encuentra en diversos alimentos como cereales, frutas y hortalizas, aunque su proporción está en el rango de micro a nanogramos por gramo de producto (Poncela, 2014). La presencia de melatonina en los productos vegetales es materia de creciente interés debido a sus propiedades antioxidantes y posibles beneficios a la salud de los consumidores. Aunque la melatonina se encuentra en diferentes productos, sus concentraciones son relativamente bajas. Debido a que la melatonina es muy difícil de extraer, son pocos los estudios donde sea añadida con fines nutricionales o tecnológicos. Pocos estudios describen la adición de melatonina como ingrediente tecnológico en alimentos, debido a que su uso es principalmente de tipo terapéutico. En jugos pasteurizados de manzana, la adición de melatonina inhibe la conversión de compuestos o-difenólicos responsables de su oscurecimiento; además de que favorece la estabilidad del alimento por inhibición de la formación de hongos, levaduras y bacterias en jugo sin pasteurizar (Zhang et al., 2018). En el yogur fortificado con melatonina (3 mg/L) y vitamina B12 (µg/L), la incorporación de este compuesto conllevó a un producto con menor contenido de grasa y mayor porcentaje de humedad, que sugieren que la melatonina podría establecer enlaces con el gel de proteínas dando a lugar a una estructura más compacta y firme (Jurado-Guerra et al., 2023). El propósito de este trabajo fue investigar el efecto de la incorporación de melatonina como ingrediente tecnológico sobre las propiedades de textura de una pasta tipo fideo sustituida con harina de amaranto.

Metodología

En este trabajo se formularon 4 pastas distintas (Tabla 1).

Las pastas fueron elaboradas siguiendo el método tradicional. Para ello, se mezclaron las harinas con el resto de los ingredientes secos. A cada mezcla se incorporó 5% de aceite vegetal extra virgen y 1% de sal de mesa, finalmente poco a poco el agua hasta ajustar las masas a 32% de humedad. Se añadieron 2% de carboximetilcelulosa y 3 mg de melatonina en función al peso de la masa. Por separado, cada masa fue amasada manualmente por 20 minutos, seguido de un reposo de 20 minutos. Posteriormente, con ayuda de una máquina manual se laminó la masa para obtener hojas de 0.5 mm de grosor. Seguido se moldeó para obtener fideos largos que fueron cortados a 3 cm de longitud. Los fideos se secaron en un hornodeshidratador a 95 °C durante 20 minutos. La pasta fue enfriada antes de almacenarse en bolsas de polipropileno completamente selladas.

Tabla 1. Formulaciones de trabajo

Tratamiento	Semolina %	Harina de amaranto %	Carboximetilcelulosa (g/ 100 g harinas)	Melatonina (mg/ 100 g masa)
Control	100	0	0	0
SA	80	20	0	0
SAC	80	20	2	0
SACM	80	20	2	3

SA: 100% semolina, SA: 80% semolina y 20% de amaranto, SAC: 80% semolina, 20% de amaranto y carboximetilcelulosa, SACM 80% semolina, 20% amaranto, carboximetilcelulosa y melatonina.

Para la evaluación de textura, las pastas fueron cocidas en agua hirviendo hasta la desaparición del centro blanco. El análisis de textura de las pastas secas y cocidas se llevaron a cabo usando un texturómetro (marca Stable MicroSystems, modelo TA-X-T PLUS), acoplado a una PC con adquisición de datos y software. Las pruebas de textura se efectuaron en 15 repeticiones cada tratamiento, según el método AACC 16-50 (AACC, 2000). Los análisis de pasta seca y cocida consistieron en el corte simultáneo de 5 fideos de 3 centímetros de longitud, considerando para pasta seca los parámetros de rompimiento, fracturabilidad y dureza; mientras que para la pasta cocida los parámetros de trabajo de corte y firmeza.

Para una mayor precisión, los experimentos del presente trabajo fueron desarrollados por triplicado, a excepción del estudio de textura que se hicieron 15 repeticiones para cada prueba. Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa SPSS versión 29, con un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias Tukey con una confiabilidad del 95%.

Resultados

La textura es un parámetro de calidad en las pastas (Hernández, 2012). Los resultados de la evaluación de los atributos de rompimiento, fracturabilidad y dureza de las pastas secas se muestran en la Tabla 2. El rompimiento se refiere a la fuerza que se aplica hasta que la pasta comienza a romperse, la fracturabilidad es el pico inicial de fuerza manifestado durante la primera compresión que se reconoce porque el alimento se revienta o desmorona, mientras que la dureza se relaciona con la fuerza de la estructura bajo un primer ciclo de compresión, y que es requerida para su deformación (Faheid et al., 2022).

En esta tabla se puede observar que el grupo SA presentó los mayores valores para las tres variables de estudio, en contraste con el grupo control. En la pastas de semolina, el gluten está presente en estructuras con forma de cuña que se localizan entre los gránulos de almidón ovoide, formando una red proteica a través de enlaces cruzados proteína-proteína mismo que se transforma en un material elástico y gomoso consiguiendo la capacidad de crear cadenas y láminas por medio del establecimiento de puentes intramoleculares, lo cual es importante para su desarrollo como matriz continua que atrapa y encapsula al almidón en la pasta manteniendo la forma desde su elaboración hasta la cocción (Robledo, 2014). Estas condiciones favorecen a que la pasta presente una mayor resistencia al rompimiento y fracturabilidad (Sissons et al., 2016), lo que resulta favorable para las operaciones de envasado, almacenamiento y transporte.

Tabla 2. Perfil de textura de las pastas secas.

Tratamiento	Rompimiento (N/mm ²)	Fracturabilidad (mm)	Dureza (N/mm ² /s)
Control	0.0360 ± 0.00828 a	8.3667 ± 0.28552 a	0.0080 ± 0.00632 a
SA	0.2533 ± 0.08595 c	10.1664 ± 0.65724 c	0.1400 ± 0.09832 b
SAC	0.0807 ± 0.02017 b	8.6593 ± 0.44588 ab	0.0170 ± 0.01252 a
SACM	0.0980 ± 0.0264 b	8.9033 ± 0.59291 b	0.0267 ± 0.01557 a

Valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

La presencia de amaranto en SA contribuye a una mayor resistencia frente al rompimiento al tener presencia del amaranto, que es rico en proteína, y mientras mayor sea la participación de estas biomoléculas, más fuerte es la pasta (Coro, 2015), aunque no desarrolle gluten. También se puede ver que la incorporación de la carboximetilcelulosa y la melatonina reducen la dureza de la pasta, pero son superiores a lo observado en la pasta elaborada 100% con semolina. Esto quiere decir que la incorporación de estos ingredientes debilita la red de gluten, haciendo una pasta menos rígida en comparación a SA, pero más estable a las operaciones mecánicas que una pasta 100% semolina. Por otra parte, una red de gluten débil presenta mejores condiciones para su digestión luego de ser consumida cita.

En la pasta cocida, las propiedades de textura son un parámetro importante que determina la aceptación global por los consumidores (Ainsa et al., 2022). En la tabla 3 se observan los resultados de la evaluación de firmeza y trabajo de corte de las pastas de este estudio.

Tabla 3. Perfil de textura de las pastas secas.

Tratamiento	Firmeza (g)	Trabajo de corte (g.cm)
Control	304.71 ± 99.51 a	1243.430 ± 174.90 a
SA	954.30 ± 99.51 c	7183.407 ± 1464.81 b
SAC	281.52 ± 45.27 a	1076.828 ± 507.41 a
SACM	617.24 ± 104.85 b	1491.166 ± 275.75 a

Valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

Las propiedades de textura de las pastas cocidas corresponden a lo observado en las pastas secas. La sustitución de semolina por amaranto en el tratamiento SA produjo fideos con mayor firmeza y trabajo de corte, por lo que este tipo de formulación resulta idónea para pastas largas, que en su preparación requieren mayores tiempos de cocción y movimientos mecánicos; mientras que la adición de carboximetilcelulosa y su combinación con melatonina produjo fideos más suaves, óptimos para pastas cortas, como el fideo. Estos resultados están relacionados con el desarrollo del gluten y el papel importante que ejerce el agua durante la cocción. Al cocinar la pasta de trigo duro, la gelatinización del almidón y la coagulación de proteínas provocan importantes cambios estructurales y esto impacta en la textura. Cuando la pasta es cocida la proteína absorbe agua y se hincha más rápido que el almidón por lo que causa una hidratación de fracción

proteica antes de la gelatinización del almidón haciendo una pasta más firme y de buena calidad (Dexter, 2004). Además, si la red de gluten no se desarrolla ocasiona a que los gránulos de almidón se hinchen se dispersen durante la cocción causando una estructura más débil y produciendo una pasta con menor cohesividad, de igual manera el gluten puede disminuir la lixiviación del almidón, así como su hinchazón debido a que puede modificar la disponibilidad del agua en el almidón (Sozer et al., 2008). Si bien, la incorporación de carboximetilcelulosa y melatonina redujeron la fuerza y trabajo de corte de pastas elaboradas con harina de amaranto, sus propiedades de firmeza y trabajo de corte son competitivos para una pasta comercial, ya que el consumidor busca una pasta suave a la mordida pero que conserve su integridad física durante la cocción y consumo (Diantom et al., 2019).

Conclusiones

La composición de la pasta y la interacción de gluten y almidón son factores que determinan la calidad de su textura. La sustitución de semolina por ingredientes como la harina de amaranto, la melatonina y la carboximetilcelulosa pueden compensar la disminución de gluten y producir pastas secas más resistentes para el manejo seco y la cocción, como son los fideos largos o cortos. Estudios futuros podrán esclarecer la estabilidad de la melatonina durante la cocción y si como ingrediente individual contribuye a las propiedades de textura de las pastas cocidas, en contraste con paneles sensoriales.

Referencias

- AACC. Method 66-50. (1999). Pasta and Noodle Cooking Quality. <https://img67.chem17.com/1/20170326/636261340426004715119.pdf>.
- Ainsa, A., Roldan, S., Marquina, P.L., Roncalés, P., Beltrán, J. A., Calanche Morales, J. B. (2022). Quality parameters and technological properties of pasta enriched with a fish by-product: A healthy novel food. *Journal of Food Processing and Preservation*. 46 (2). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16261>.
- Alizadeh, S., Admadi-Dastgerdi, A., Reisi, S., Ebrahimi, F., Zokaei, M., Tahriri, S. (2024). Efecto del reemplazo de sémola por harina de amaranto sobre las características de calidad de la pasta funcional. (S. P. Bangar, Ed.) *Journal of food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2024/3091944>.
- Bianchi, F., Tolve, R., Rainero, G., Bordiga, M., & Brennan, C. (2021). Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial by-products: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(9): 4356-4366. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15168>.
- Coro, I. F. (2015). Evaluación del comportamiento del almidón. Tesis de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 109.
- Dexter, J. E. (2004). Grain, paste products: Pasta and Asian noodles. In: Scott Smith J., Hui Y.H. (Eds.). *Principles and Applications*. Blackwell Publishing Ltd. 249–27. <https://doi.org/10.1002/9780470290118ch13>.
- Diantom, A., Curti, E., Carini, E., Boukid, F., Mattarozzi, M., Vodovotz, Y., Careri, M., Vittadini, E. (2019). A multi-scale approach for pasta quality features assessment. *Food Science and Technology*. 101: 285-292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.004>.
- Faheid, S. M., Rizk, I. R. S., Kishk, Y., Ragab, G., Mostafa, S. (2022). Carboxymethyl cellulose and psyllium husk in gluten-free pasta. *Foods and raw materials*. 10:2: 329-339. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-540>.
- Hernández, I. A. (2012). Composición Química, características de calidad y actividad antioxidante de pasta enriquecida con harina de amaranto y hoja de amaranto deshidratada. Universidad Autónoma de Querétaro, 43-45.
- IPO. (2021). The world pasta industry status report. International Pasta Organization. IPO. Obtenido de <https://internationalpasta.org>.

- Jatav, K.A., Bhatt, D., Kiledar, S. (2016). Development and quality evaluation of amaranth flour pasta. *Asian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 5(2): 1-11. <https://doi.org/10.21275/SR211129160323>.
- Jurado Guerra, J., Flores Mancha, M., Juárez Moya, J., Rentería Monterrubio, A., Sánchez Vega, R., Tirado Gallegos, J., Chávez Martínez, A. (2023). Physicochemical and Rheological Characteristics of Stirred Yogurt Fortified with Vitamin B12 and Melatonin. *Journal of Food Processing and Preservation*. 1 (9): 42. <https://doi.org/10.1155/2023/9232447>.
- Poncela, A. L. (2014). La melatonina más allá del ritmo circadiano. Universidad De Valladolid, 1, 5-10.
- Robledo, K. T. (2014). Desarrollo de una formulación de pasta para lasaña a base de harina de amaranto para mejorar su calidad nutricional. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma México.
- Rueda, K. D. (2007). Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada. Tesis para obtener el grado de Químico en alimentos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en: Tesisfinalparaimpresion1.doc (uaeh.edu.mx).
- Salehi, B., Sharopov, F., Fokou, P. V.T., Kobylinska, A., Jonge, L., Tadio, K., Sharifi-Rad, J., Posmyk, M. M., Martorell, M., Martins, N., Iriti, M. (2019). Melatonin in Medicinal and Food Plants: Occurrence, Bioavailability, and Health Potential for Humans. *Cells*. 8(7): 681. <https://doi.org/10.3390/cells8070681>.
- Sissons M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food. Global Science Book*, 2, 75–90.
- Sozer, N., Kaya, A., Coskun-Dalgic, A. (2008). The effect of resistant starch addition on viscoelastic properties of cooked spaghetti. *Journal of Texture Studies*, 39 (1): 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2007.00126.x>
- Zhang, H., Liu, X., Chen, T., Ji, Y., Shi, K., Wang, L., Zheng, X., Kong, J. (2018). Melatonin in Apples and Juice: Inhibition of Browning and Microorganism Growth in Apple Juice. *Molecules*. 23(3): 521 <https://doi.org/10.3390/molecules23030521>.