

## Subproductos de Frutos: Potenciales Ingredientes Tecno-Funcionales, en Productos de Panificación sin Gluten.

## Fruit by-Products: Potential Techno-Functional Ingredients in Gluten-Free Bakery Products.

Villegas-Ornelas Cinthia<sup>1</sup>, Fregoso-Ultreras Mariana<sup>1</sup>, Arce-Barrera Israel<sup>1</sup>, Blancas-Benítez Francisco<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic, Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Av. Tecnológico 2595, Tepic, Nayarit, México, CP 63175.

Autor para la correspondencia: Blancas-Benítez Francisco, e-mail: fblancas@tepic.tecnm.mx.

### Resumen

El presente artículo muestra información relevante de los últimos años con respecto al uso de subproductos de frutos para la elaboración de harinas no convencionales y su empleo en formulaciones de productos de panificación sin harina de trigo. Las cuales pueden conservar distintos compuestos, como polisacáridos no digeribles (fibra dietética), macronutrientes (proteínas, lípidos, carbohidratos), así como compuestos antioxidantes (compuestos fenólicos). Los cuales pueden contribuir a mejorar las propiedades tecno-funcionales de la harina, afectando de manera positiva los parámetros de calidad del producto de panificación final. Este artículo describe de forma resumida, como se obtienen los subproductos de frutos, sus propiedades y su potencial uso en formulaciones de productos de panificación sin trigo o sin gluten.

**Palabras clave:** Subproductos, harinas no convencionales, propiedades tecno-funcionales.

### Abstract

This article shows relevant information of the last years regarding the use of fruit by-products for the elaboration of unconventional flours and their use in formulations of bakery products without wheat flour. These can preserve different compounds, such as non-digestible polysaccharides (dietary fiber), macronutrients (proteins, lipids, carbohydrates), as well as antioxidant compounds (phenolic compounds). Unconventional flours can contribute to improve the techno-functional properties of flour, positively affecting the quality parameters of the final bakery product. This article describes in brief how fruit by-products are obtained, their properties and their potential use in formulations of wheat-free or gluten-free bakery products.

**Key words:** By-products, unconventional flours, techno-functional properties.

DOI 10.46588/invurnus.v19i1.110

**Recibido** 20/10/2024

**Aceptado** 18/08/2024

**Publicado** 24/08/2024

## Introducción

En los últimos años se ha presentado un incremento en los trastornos relacionados con el trigo, como la enfermedad celiaca, la alergia al trigo y la sensibilidad al gluten no celiaca. Actualmente el único tratamiento para dichos trastornos se basa en el consumo de una dieta libre de trigo y/o gluten, lo que ha llevado a una mayor demanda de alimentos sin gluten incluyendo a los productos de panificación. Estos productos de panificación se elaboran principalmente con harinas y/o almidones de arroz, maíz y sorgo (Lasa et al., 2017).

Sin embargo, los productos de panificación sin trigo que se encuentran actualmente en el mercado son considerados productos con una baja calidad nutricional; por el bajo contenido de proteínas y el alto contenido de carbohidratos digeribles, como el almidón. Los productos sin gluten a menudo se asocian con un índice glucémico previsto alto proporcionado por su elevada carga glucémica a causa de la composición a base de almidón, lo que podría estar relacionado con problemas metabólicos graves como la obesidad y la diabetes (Wang & Jian, 2022).

Además, los productos de panificación sin gluten no cuentan con una adecuada calidad panadera; por deficiencias en su volumen y alta dureza. Así como poseer un deficiente contenido de compuestos antioxidantes como compuestos fenólicos. Por lo que en los últimos años diversos investigadores han implementado el uso de nuevos ingredientes para enriquecer estas formulaciones, como lo son las harinas no convencionales (HNC) obtenidas de subproductos del procesamiento de frutos. Ya que éstos pueden conservar macronutrientes como carbohidratos, proteínas, lípidos, fibra dietética (FD), incluso de compuestos antioxidantes como los compuestos fenólicos (Osorio-Diaz et al., 2014).

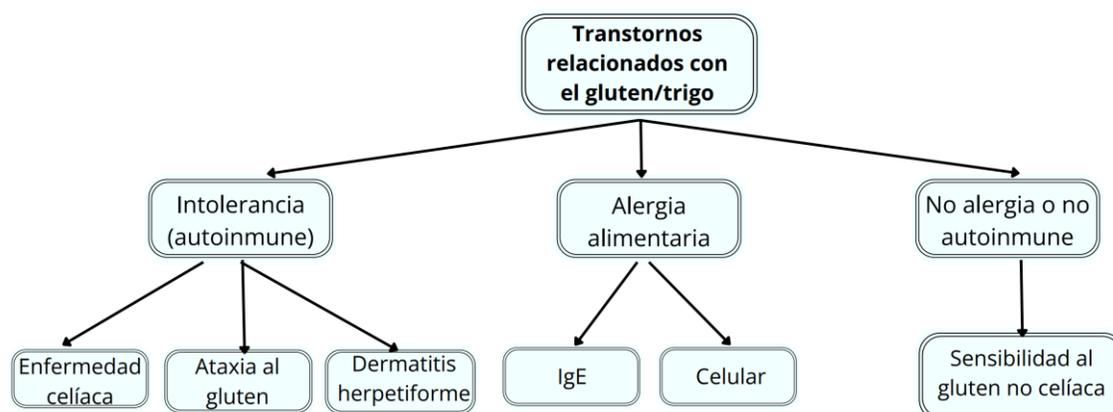
Este artículo describe la importancia que actualmente tiene el uso de subproductos de frutos como una fuente potencial de ingredientes en la elaboración de productos de panificación sin harina de trigo y como estos pueden afectar positivamente en su composición y parámetros de calidad del pan.

## Productos de panificación sin trigo y sin gluten

La demanda de alimentos sin trigo o sin gluten, ha incrementado en las últimas décadas ya que, no se limitan a la población con algún trastorno relacionado al gluten del trigo, sino también para aquellos consumidores que pretenden evitar la intolerancia al gluten. Se ha reportado que la intolerancia al gluten transitoria o permanente posterior a una gastroenteritis puede ser una condición clínica no reconocida (Rostami et al., 2015).

El gluten es un complejo formado por proteínas de almacenamiento (prolaminas y glutelinas), las cuales se almacenan junto con el almidón en el endospermo del grano. Estas proteínas se pueden encontrar en distintos granos de cereales como la cebada, centeno y avena, pero principalmente en el trigo (Akhondi & Ross, 2019). El consumo de gluten es importante para la medicina, ya que tiene un espectro de enfermedades asociadas, como las mostradas en la Figura 1.





**Figura 1.** Clasificación de los trastornos relacionados con el gluten de trigo (Sapone et al., 2012; Shewry & Hey, 2016).

Principalmente la atención de la demanda de productos sin gluten de trigo, se centra en productos de panificación, puesto que el pan es un alimento básico importante en la dieta de la población (Yano, 2019). Los productos de panificación sin gluten que se encuentran actualmente en el mercado se elaboran principalmente de harinas y/o almidones de arroz, maíz y sorgo, a los cuales se les añade aditivos como hidrocoloides/aglutinantes, emulsiones, proteínas y enzimas para simular las propiedades de textura brindadas por el gluten de trigo (Lasa et al., 2017).

Los panes sin gluten típicos contienen hidrocoloides (p. ej., goma xantana, goma guar, etc.) que incrementan la viscosidad de la fase líquida, manteniendo los gránulos de almidón, la levadura y las burbujas de gas suspendidos en el proceso de fermentación (Dickinson, 2018). El proceso de horneado posterior gelatiniza el almidón y se endurece alrededor de la membrana hidrocoloide que rodea las burbujas de aire para fijar la estructura de la miga (Yano, 2019).

Sin embargo estos productos de panadería son considerados con una baja calidad nutricional, ya que los productos sin gluten generalmente se caracterizan por un alto contenido de carbohidratos (debido a los ingredientes con almidón), un bajo contenido de proteínas y un alto contenido de calorías. Además, los productos sin gluten a menudo se asocian con un índice glucémico previsto alto debido a su alta carga glucémica debido a su composición a base de almidón, lo que podría estar relacionado con problemas metabólicos graves como la obesidad y la diabetes (Krupa-Kozak & Lange, 2019; Myhrstad et al., 2021).

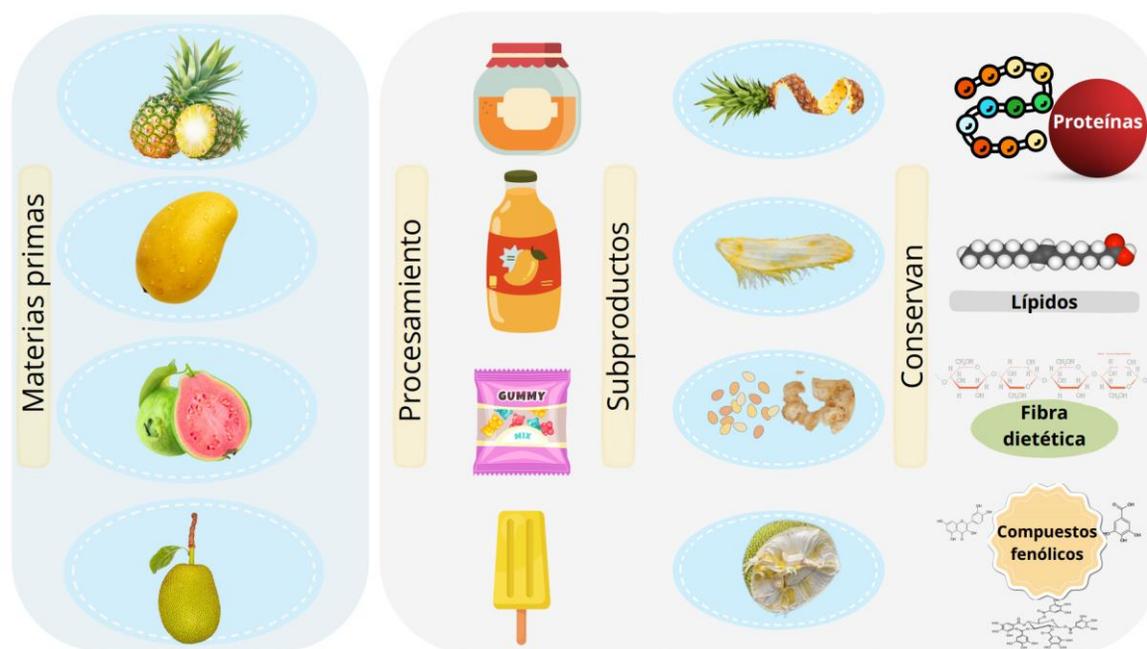
## Harinas no convencionales (HNC) a base de subproductos de frutos

Las harinas no convencionales (HNC) son aquellas provenientes de frutas, legumbres y tubérculos, y que se pueden utilizar para reemplazar distintas cantidades de la harina de trigo o en productos sin harina de trigo, como los productos de panificación sin gluten. Éstas HNC se utilizan en productos de panadería por la inclusión de ingredientes como fibra dietética (FD) y compuestos antioxidantes que no están disponibles en harinas de trigo o maíz. De tal manera que, se disminuye el consumo de carbohidratos digeribles que incrementan el nivel de glucosa en la sangre, lo que podría generar diversos beneficios a la salud (Osorio-Díaz et al., 2014).



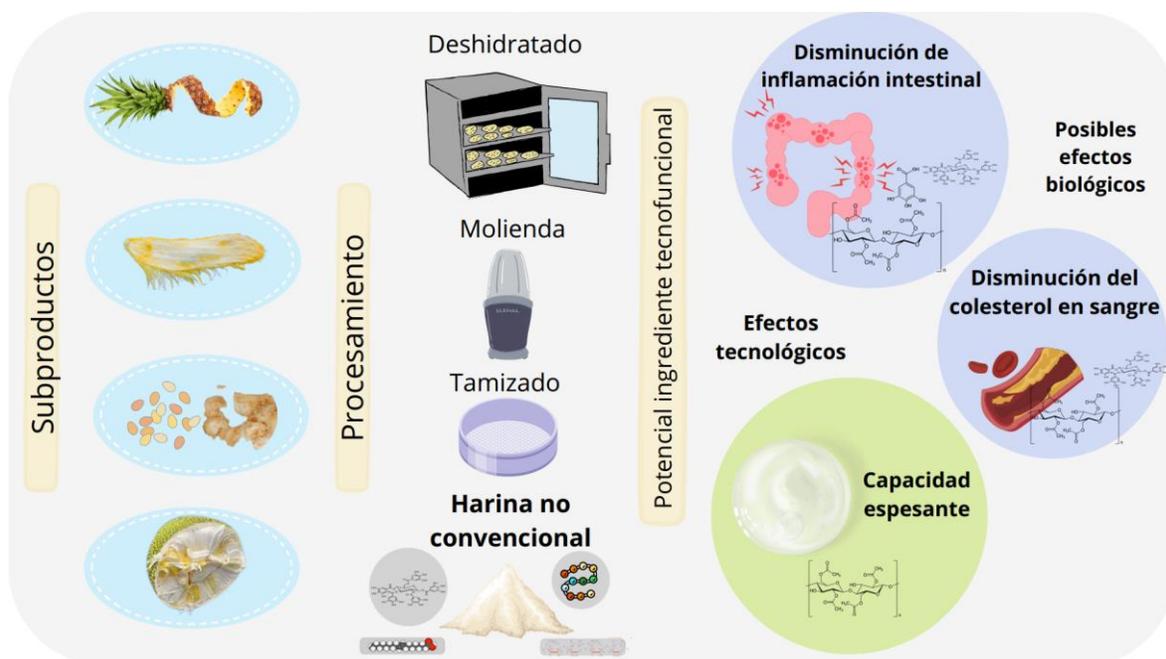
Es reconocido que las frutas y las verduras contienen alto valor nutricional, los cuales pueden promover la salud humana. Esto se debe a que las frutas y las verduras están compuestas de vitaminas, minerales, FD y antioxidantes (Teshome et al., 2023). Las frutas se consumen por lo regular en fresco y procesadas en jugo, pulpa congelada, mermelada y formas concentradas o deshidratadas (Sharma et al., 2017). Durante el procesamiento de la fruta se genera una enorme cantidad de residuos o subproductos, los cuales pueden representar una gran pérdida de nutrientes con altas propiedades bioactivas (Patel et al., 2016) (Figura 2).

Los subproductos de los frutos están representados por pieles, núcleos, tallos, cáscaras y semillas, éstos pueden representar entre el 50 y el 60 % de la fruta fresca. En la mayoría de los casos, la comparación nutricional muestra que los subproductos, incluidas la cáscara y las semillas, tienen valores nutricionales más altos en comparación con la pulpa, además de que son fuentes naturales de FD soluble e insoluble y antioxidantes fenólicos (Ayala-Zavala et al., 2011).



**Figura 2.** Generación de subproductos de frutos

Una de las alternativas para el aprovechamiento de estos subproductos de frutos es la elaboración de harinas. Las harinas obtenidas de subproductos de frutas y verduras, son ricas en FD y pueden utilizarse como ingredientes de fibra. Además que, una ventaja del uso de estas fibras, son los compuestos bioactivos (CB) unidos, como ácidos fenólicos, polifenoles y carotenoides. Esta forma unida, provoca que estos compuestos puedan liberarse eficazmente en el intestino grueso, después de la fermentación de la fibra por la microbiota intestinal (Acosta-Estrada et al., 2014; Rocchetti et al., 2022), generando posibles efectos benéficos a la salud como efecto protector contra enfermedades gastrointestinales, estreñimiento, cáncer de colon, enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad (Ötles y Ozgoz, 2014) (Figura 3).



**Figura 3.** Potenciales efectos tecno-funcionales de harinas no convencionales (HNC).

Así mismo, las harinas de subproductos de frutos cuentan con importantes funcionalidades tecnológicas y pueden usarse como ingredientes alimentarios, concretamente como espesantes, gelificantes, retenedores de agua, películas comestibles entre otras (Föste et al., 2020).

## Funcionalidad tecnológica de harinas de subproductos de frutos

La funcionalidad tecnológica de la harina de subproducto de frutos está relacionada con la textura, el color o la estabilidad durante la vida útil. Estas funcionalidades tecnológicas están asociadas a diferentes agentes moleculares presentes en frutas y vegetales. Diferentes investigaciones se centran en la incorporación de este tipo de harinas en productos como carnes, lácteos y productos de panificación (D. Santos et al., 2022).

La FD es el compuesto responsable de las funcionalidades relacionadas con la textura debido a su capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de hinchamiento (CH), retención de aceite (CRA), estabilizador de espuma, así como capacidad de retención de disolventes (p. ej. Capacidades de disolvente de ácido láctico, carbonato de sodio y sacarosa) (Ahmad et al., 2016). Las funcionalidades tecnológicas de la fibra dietética soluble (FDS) abarca su capacidad espesante, gelificante, reforzante, sustituto de grasas y estabilizador de espuma. Por otro lado la fibra dietética insoluble (FDI) tiene mayor impacto en la propiedades de textura y estabilización, como minimizar la contracción, control de la humedad y aumento en la estabilidad de los alimentos (Föste et al., 2020). Por lo tanto, debido a las diferentes proporciones de FDS:FDI de los diferentes subproductos de frutos, vegetales y cereales, estos presentan distintos valores de CAA, CRA y CH, que resultan en diferentes texturas del producto final (Ahmad et al., 2016). Estudios que han comparado la aplicación de harinas de subproductos de frutos y vegetales en el mismo producto final, han demostrado cómo la complejidad de las harinas y el diferente contenido de FD, incluida la relación FDS:FDI proporcionan diferencias significativas de textura, por lo que la proporción de FD que se adicione a las formulaciones afectará de manera significativa los parámetros anteriormente mencionados.



En investigaciones de productos de panificación con trigo integral se ha observado como la masa de harina integral tiene un mayor contenido de FD, debido a la incorporación del salvado de trigo a la masa. Existen investigaciones que indican que la FDI interactúa con las proteínas del gluten para alterar la continuidad de la red de gluten, esto conduce a un efecto debilitante sobre la fuerza de las proteínas, lo cual está asociado con las propiedades reológicas y el rendimiento de panificación (es decir, disminución del volumen de la barra de pan y distribución desigual de las celdas de gas en la estructura de la miga) de masa. Se produce una competencia de las proteínas del gluten vs FD para interactuar con las moléculas de agua durante el desarrollo de la masa de harina de trigo integral, si bien la FD tiene una mayor capacidad de retención de agua ya que, tiene una mayor cantidad de grupos hidroxilo en la estructura molecular, es decir, cadena polimérica. Esto brinda una mejor oportunidad para que la FD ocupe las moléculas de agua disponibles en la masa, lo que provoca un retraso en el desarrollo de la red de gluten, y un proceso más lento de hidratación del gluten. Como tal, las modificaciones en las propiedades mecánicas de la masa y la calidad del pan para una fórmula de trigo integral son inducidas por las interacciones de las proteínas del gluten, la FD y las moléculas de agua (Sun et al., 2023) (Figura 4).



**Figura 4.** Interpretación gráfica de la competencia entre las proteínas del gluten y la fibra alimentaria en la interacción con las moléculas de agua para modificar las características viscoelásticas de la masa y la calidad del pan para una fórmula de trigo integral (Sun et al., 2023).



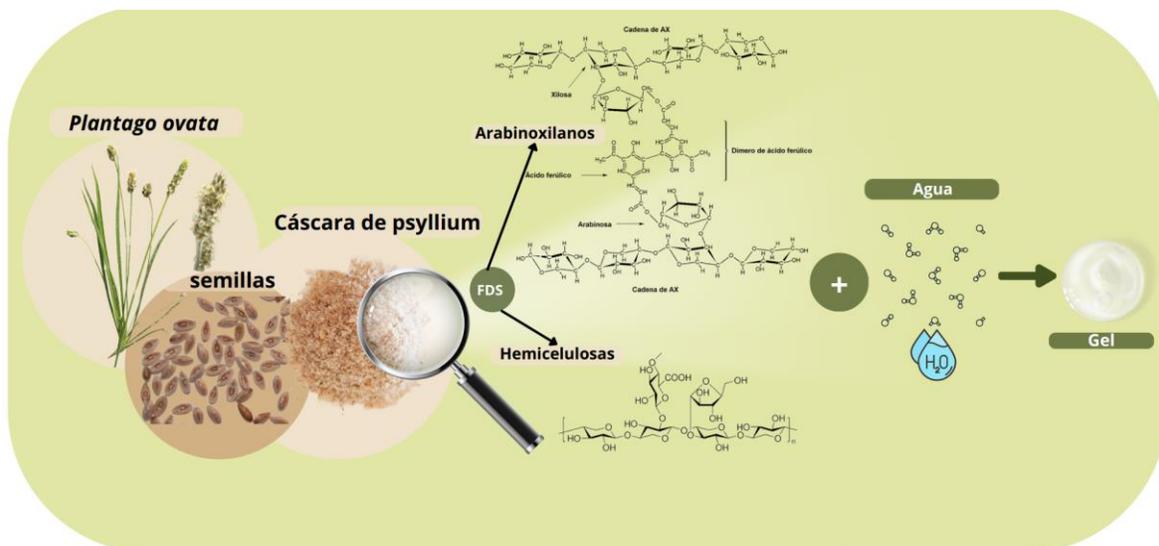
La comparación de harinas de subproducto de arándanos y harina de subproducto de frambuesas demostró que la harina con un contenido de FDI ligeramente mayor a la FDS da como resultado una CAA más alta y resultados distintos en el producto de panadería sin gluten (Šarić et al., 2019). Otro estudio sensorial comparó las harinas de subproducto de manzana, zanahoria y naranja aplicadas en pasteles sin gluten. La harina de zanahoria fue la que obtuvo puntuaciones más bajas en sabor y textura, relacionado a la influencia del contenido de FD (Kırbaş et al., 2019).

Por lo tanto, el uso de subproductos de fuentes vegetales es una alternativa interesante para enriquecer, modificar la textura y las propiedades organolépticas de productos de panificación sin harina de trigo.

## Aglutinantes

El papel clave del gluten de trigo en la elaboración y la calidad del pan no puede sustituirse por un solo ingrediente. Por lo tanto, la elaboración de pan sin gluten básicamente elimina el ingrediente más crucial para la estructura y calidad del pan. La falta de gluten influye en las propiedades de la masa, el proceso de elaboración del pan y la calidad final y la vida útil del pan sin gluten (Mitelut et al., 2020). Sin embargo, a pesar de utilizar una mezcla de harinas no convencionales, o también conocida como “harina compuesta”, el pan sin trigo o sin gluten, necesita un aglutinante que cumpla la función del gluten. La función del compuesto aglutinante es pegar elementos estructurales como proteínas y partículas de grasa o gotas de aceite para formar una matriz coherente (Herz et al., 2023). Actualmente no existe una definición universal aceptada de aglutinante en el contexto de aplicaciones alimentarias, pero se puede clasificar vagamente dichos materiales como “cualquier material o sustancia que mantiene o une otros materiales para formar un todo cohesivo mecánicamente, químicamente, por adhesión o cohesión” (Herz et al., 2023).

Sin embargo, una de las estrategias de mejora más interesantes para la masa y el pan sin gluten se basa en la aplicación de FDS, de la cual el polvo de cáscara de psyllium cuenta con altos porcentajes de ésta (hasta un 71 %) como se muestra en la Figura 5 (Waheed Khan et al., 2021).



**Figura 5.** Cáscara de psyllium como potencial agente gelificante. FDS: Fibra dietética soluble.



Por lo tanto, se ha sugerido el uso de fibras dietéticas solubles para mejorar las propiedades físicas, la aceptación sensorial, la vida útil, el contenido nutricional y la respuesta glucémica de productos de panadería sin trigo. Entre ellos, el psyllium, una fibra soluble natural extraída de las cáscaras de las semillas de *Plantago ovata* caracterizada como hidrocoloide, puede mejorar la salud, ayudando en el tránsito intestinal, el control del colesterol, la saciedad y la glucemia (Bender & Schönlechner, 2020; Fratelli et al., 2018).

Además de los beneficios para la salud, el psyllium presenta propiedades de retención de agua, gelificación y formación de estructuras que pueden aumentar la viscosidad de la masa, fortalecer los límites de las celdas en expansión, aumentar la retención de gas durante el horneado y mejorar el volumen, además de reducir la pérdida de humedad, suavidad y elasticidad de la miga durante el almacenamiento, mejorando así la estructura, textura, apariencia, aceptación y vida útil del pan sin gluten, junto con la fibra. enriquecimiento, que disminuye el índice glucémico (Mancebo et al., 2015; Fernanda G. Santos et al., 2020; Fernanda Garcia Santos et al., 2020; Ziemichód et al., 2019).

Fratelli et al., (2021) investigaron el polvo de cáscara de psyllium para mejorar la calidad y la vida útil de pan sin gluten. Las formulaciones de pan sin gluten que contenían 2.86, 7.14 y 17.14 % de psyllium por peso de harina se compararon con el pan sin gluten control y el pan de trigo en términos de rendimiento. Los resultados mostraron que la adición de 17.14 % de psyllium a la formulación mejoró la estructura, apariencia, textura y aceptabilidad del pan sin gluten y retrasó el envejecimiento del pan, asemejándose a las propiedades físicas y sensoriales de las muestras de pan de trigo durante 72 h de almacenamiento.

## **Aplicaciones y uso de harinas no convencionales como potencial ingrediente tecno-funcional**

Posterior de la obtención de las HNC y que éstas sean mezcladas con harinas de cereales con o sin trigo altas en almidón, se crea la harina compuesta. Para determinar los porcentajes de adición de HNC a formulaciones de productos de panificación con trigo, se han reportado diversos resultados satisfactorios, como el caso de Villegas-Ornelas C. (2023), que al sustituir el 15 % de harina compuesta (mezcla de harina de trigo y harina de avena) por harina de subproducto de guayaba, el porcentaje de FD incrementó hasta un 31.5 % con respecto al pan control (solo con harina compuesta), el contenido de compuestos fenólicos fue mayor en 68.5 % que el pan control. Los panes sustituidos con el 15 % mostraron una mejor aceptabilidad sensorial por parte de los evaluadores, así como una menor dureza que el control.

Para el caso de los panes sin trigo, el siguiente paso es elegir el aglutinante o agente gelificante más adecuado para poder elaborar diversos productos de panificación, en específico productos de panificación sin gluten, ya que al utilizar una harina de cereal con alto contenido de almidón, la matriz que se puede formar con estos ingredientes puede ser una matriz similar a la red de gluten, capaz de retener las burbujas de gas generadas de la fermentación de la masa y durante el proceso de horneado del pan. Para la elaboración de pan y productos de panadería a partir de materias primas sin gluten, es necesario asegurar el volumen y la cohesión de la masa (Guiné, 2022).

Diversas investigaciones se han centrado en mejorar las propiedades nutricionales, funcionales y de calidad del pan sin gluten. La adición de fibra, a través de su hidratación, incide en la calidad del pan. Además de los efectos beneficiosos para la salud, la fibra mejora la textura, el volumen específico, la viscosidad



aparente, la consistencia, la textura, la calidad sensorial y la vida útil. Esto se debe a la capacidad de unir agua, formar un gel y espesar, como se esquematiza en la Figura 5 (Culetu et al., 2021).

Una de las investigaciones de HNC a base de frutas para la mejora en las deficiencias de pan sin gluten fue la elaborada por Arslan et al., (2017) el pan sin trigo, se complementó con harina de pulpa de guayaba en 5 niveles diferentes (0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10 %). La guayaba (*Psidium guajava*) contiene FD y compuestos fenólicos. Los resultados mostraron que la adición de harina de pulpa de guayaba aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ) la fibra incrementó más de dos veces su contenido en los panes (0.92 a 2.45 %) y el contenido fenólico total incrementó más de siete veces su contenido, con respecto al pan control y el pan con sustitución al 10 % . El volumen del pan aumentó hasta un nivel de 492.00 cm<sup>3</sup> , por lo tanto disminuyó la dureza de 2.58 a 2.38 N.

Otra de las investigaciones se ha centrado en la utilización de harinas no convencionales a base de legumbres para el incremento de la calidad panadera de pan sin gluten. En esta investigación se calculó la formulación óptima que contenía el 70% de harina compuesta con arroz, garbanzos y algarroba, y el 100 % de agua, se produjo un pan con mayor volumen específico ( $3.73 \pm 0.37$  cm<sup>3</sup> / g) y menos pérdida de horneado ( $22.98 \pm 0.94$  %) que el pan solo con harina de arroz (Ammar et al., 2022).

Estas investigaciones han demostrado que le uso de harinas a base de subproducto de frutos, podría representar una alternativa interesante para el incremento de contenido de FD, compuestos antioxidantes, y la calidad del producto de panificación.

## Conclusiones

El contenido de fibra dietética y compuestos fenólicos de subproductos de frutos, los vuelve potenciales ingredientes para la elaboración de harinas no convencionales, las cuales han mostrado aptas características en la mejora de parámetros de calidad de los productos de panificación sin gluten.

## Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). Número de beca: 802797.

## Referencias

1. Ahmad, M., Wani, T. A., Wani, S. M., Masoodi, F. A., & Gani, A. (2016). Incorporation of carrot pomace powder in wheat flour: effect on flour, dough and cookie characteristics. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2345-2>
2. Akhondi, H., & Ross, A. B. (2019). Gluten And Associated Medical Problems. *StatPearls*.
3. Ammar, I., Sebi, H., Aloui, T., Attia, H., Hadrich, B., & Felfoul, I. (2022). Optimization of a novel, gluten-free bread's formulation based on chickpea, carob and rice flours using response surface design. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12164>



4. Arslan, M., Rakha, A., Khan, M. R., & Zou, X. (2017). Complementing the dietary fiber and antioxidant potential of gluten free bread with guava pulp powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9578-2>
5. Ayala-Zavala, J. F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J. A., Siddiqui, M. W., ... González-Aguilar, G. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>
6. Bender, D., & Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
7. Culetu, A., Susman, I. E., Duta, D. E., & Belc, N. (2021). Nutritional and functional properties of gluten-free flours. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app11146283>
8. Föste, M., Verheyen, C., Jekle, M., & Becker, T. (2020). Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies. *Food Chemistry*, 306, 125451. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125451>
9. Fratelli, C., Muniz, D. G., Santos, F. G., & Capriles, V. D. (2018). Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. *Journal of Functional Foods*. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.015>
10. Fratelli, C., Santos, F. G., Muniz, D. G., Habu, S., Braga, A. R. C., & Capriles, V. D. (2021). Psyllium improves the quality and shelf life of gluten-free bread. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods10050954>
11. Guiné, R. P. F. (2022). Textural Properties of Bakery Products: A Review of Instrumental and Sensory Evaluation Studies. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app12178628>
12. Herz, E., Moll, P., Schmitt, C., & Weiss, J. (2023). Binders in foods: Definition, functionality, and characterization. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109077>
13. Kırbaç, Z., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2019). Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-03554-z>
14. Krupa-Kozak, U., & Lange, E. (2019). The Gluten-Free Diet and Glycaemic Index in the Management of Coeliac Disease Associated with Type 1 Diabetes. *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1584902>
15. Lasa, A., del Pilar Fernández-Gil, M., Bustamante, M. Á., & Miranda, J. (2017). Nutritional and Sensorial Aspects of Gluten-Free Products. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-53342-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-53342-1_5)
16. Mancebo, C. M., San Miguel, M. Á., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2015). Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.005>
17. Mitelut, A. C., Popa, E. E., Popescu, P. A., & Popa, M. E. (2020). Trends of innovation in bread and bakery production. In *Trends in Wheat and Bread Making*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00007-6>
18. Myhrstad, M. C. W., Slydahl, M., Hellmann, M., Garnweidner-Holme, L., Lundin, K. E. A., Henriksen, C., & Telle-Hansen, V. H. (2021). Nutritional quality and costs of gluten-free products: A case-control study of food products on the norwegian marked. *Food and Nutrition Research*. <https://doi.org/10.29219/fnr.v65.6121>
19. Osorio-Díaz, P., Utrilla-Coello, R. G., Flores-Silva, P. C., & Bello-Pérez, L. A. (2014). Bakery Products of Unconventional Flours. In *Bakery Products Science and Technology: Second Edition*. <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch36>
20. Ötles, S., & Ozgoz, S. (2014). Health effects of dietary fiber. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.2.8>
21. Patel, S. N., Sharma, M., Lata, K., Singh, U., Kumar, V., Sangwan, R. S., & Singh, S. P. (2016). Improved operational stability of d-psicose 3-epimerase by a novel protein engineering strategy, and d-psicose production from fruit and vegetable residues. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.053>
22. Santos, D., Lopes da Silva, J. A., & Pintado, M. (2022). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. *LWT*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707>



23. Santos, Fernanda G., Aguiar, E. V., Centeno, A. C. L. S., Rosell, C. M., & Capriles, V. D. (2020). Effect of added psyllium and food enzymes on quality attributes and shelf life of chickpea-based gluten-free bread. *LWT*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110025>
24. Santos, Fernanda Garcia, Fratelli, C., Alencar, N. M. M., & Capriles, V. D. (2020). Modelling the effects of psyllium and water on dough parameters using Mixolab® and their relationship with physical properties and acceptability of gluten-free bread. *Research, Society and Development*. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10589>
25. Sapone, A., Bai, J. C., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P. H. R., Hadjivassiliou, M., ... Fasano, A. (2012). Spectrum of gluten-related disorders: Consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-13>
26. Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., & Škrobot, D. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of Texture Studies*. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12374>
27. Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H., & Lee, Y. R. (2017). Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmentally friendly approaches. *Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.09.006>
28. Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2016). Do we need to worry about eating wheat? *Nutrition Bulletin*. <https://doi.org/10.1111/nbu.12186>
29. Teshome, E., Teka, T. A., Nandasiri, R., Rout, J. R., Harouna, D. V., Astatkie, T., & Urugo, M. M. (2023). Fruit By-Products and Their Industrial Applications for Nutritional Benefits and Health Promotion: A Comprehensive Review. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su15107840>
30. Villegas-Ornelas C. (2023). Bioaccesibilidad de fenoles libres y ligados en un producto de panificación sustituido con harina del procesamiento de guayaba (*Psidium guajava*). Tesis de Maestría. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tepic.
31. Waheed Khan, A., Khalid, W., Safdar, S., Usman, M., Ahsan Shakeel, M., Jamal, N., ... Kamran Shahid, M. (2021). Nutritional and Therapeutic Benefits of Psyllium Husk (*Plantago Ovata*). *Acta Scientific MICROBIOLOGY*.
32. Wang, Y., & Jian, C. (2022). Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making. *Npj Science of Food*. <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00163-1>
33. Ziemichód, A., Wójcik, M., & Różyło, R. (2019). Seeds of *Plantago psyllium* and *Plantago ovata*: Mineral composition, grinding, and use for gluten-free bread as substitutes for hydrocolloids. *Journal of Food Process Engineering*. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12931>

