

El maíz nativo como base en el diseño de súper alimentos innovadores Native corn as a basis for the design of innovative superfoods

J. Espitia-López ^a, B. Flores-Chávez ^a, A. Angel-Cuapio ^b, F. J. Villafañá-Rivera ^c, G. de Vega-Luttmann ^a, S. Hernández-León ^a, P. M. Garza-López ^a, V. L. Espitia-López ^{d*}

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. ^b Tecnológico Nacional de México/TES de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México. ^c Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, La Paz, Estado de México, México. ^d Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco No. 186, 09310 Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia (vlel@xanum.uam.mx)

Resumen

La subsistencia y el rescate de la diversidad mexicana de maíces nativos ha sido objeto de gran importancia para la comunidad científica en los últimos años, entre los rasgos más destacables con impacto tecnológico se encuentra la valoración de las diversas moléculas presentes en el maíz, los principales estudios acerca de la importancia de estas moléculas se enfocan en el almidón como fuente de carbohidratos y en los polifenoles de los maíces pigmentados como origen de compuestos antioxidantes. Las investigaciones más recientes no sólo se centran en las características intrínsecas de las moléculas del maíz nativo, sino que también abordan diversas metodologías para el procesamiento y la obtención de los bioactivos presentes. Estas investigaciones se fundamentan en la reducción de la contaminación y el impacto climático que pueden generarse durante la producción y extracción, así como la sostenibilidad de estos procesos. Los esfuerzos realizados en torno a la investigación del maíz han generado alternativas innovadoras de súper alimentos y bebidas que pretenden ofrecer los beneficios de las tecnologías vanguardistas a las comunidades donde se encuentran los maíces nativos y aprovechar los beneficios para la salud que pueden aportar.

Palabras clave: Maíz nativo, Diseño de alimentos, Súper alimentos.

Abstract

The survival and rescue of the Mexican diversity of native corn has been of great importance to the scientific community in recent years. Among the most notable features with technological impact is the assessment of the various molecules present in corn. The primary studies on the importance of these molecules focus on starch as a source of carbohydrates and on the polyphenols of pigmented corn as the origin of antioxidant compounds. The most recent research not only focuses on the intrinsic characteristics of the molecules of native corn but also addresses various methodologies for processing and obtaining the bioactive present. These investigations are based on reducing pollution, the climate impact that can be generated during production and extraction, and the sustainability of these processes. The efforts made around corn research have generated innovative alternatives for superfoods and beverages that aim to offer the benefits of cutting-edge technologies to the communities where native corn is found and take advantage of the health benefits they can provide.

Keywords: Native Corn, Food Design, Superfoods.

1. Introducción

“Los maíces nativos forman parte del patrimonio biocultural de México, aportan gran riqueza de germoplasma y pueden cultivarse en sistemas agroecológicos sostenibles”, es así como el SIAP (2024) hace referencia a los maíces nativos de México, esto lo menciona en una infografía que difundió entre las redes sociales digitales de Facebook, X (Twitter hasta 2023), Instagram y YouTube en sus canales oficiales de gob.mx/siap, informa que los usos más frecuentes están empleados en la preparación de

alimentos y bebidas tradicionales tales como tamales, palomitas de maíz, tortillas, atole, pozole y pinole, así como una gran gama de “antojitos”.

Para poder elaborar los alimentos tradicionales a base de maíz, usualmente debe realizarse en forma de harina, para lo cual se aplica previamente un proceso de nixtamalización. Este proceso comienza remojando el grano en una solución de hidróxido de calcio, comúnmente conocida como cal, luego, el maíz se lava con grandes volúmenes de agua y se muele, existen diversos tipos de molinos según los materiales con los que son hechos así como la cantidad de maíz que se

*Autor para la correspondencia: vlel@xanum.uam.mx

Correo electrónico: josefa_espitia1153@uaeh.edu.mx (J. Espitia-López), profe_5566@uaeh.edu.mx (B. Flores-Chávez), rafaelangel@tese.edu.mx (A. Angel-Cuapio), frank-31-90@hotmail.com (F. J. Villafañá-Rivera), de227163@uaeh.edu.mx (G. de Vega-Luttmann), (sergio_hernandez@uaeh.edu.mx (S. Hernández-León), paul_garza@uaeh.edu.mx (P. M. Garza-López), victor_espitia@uaeh.edu.mx (V. L. Espitia-López)

muele, puede ser desde un molino de piedra para autoconsumo hasta molinos industriales de acero inoxidable para medianas y grandes empresas, después se pasa por un proceso de secado para conseguir un polvo al que podemos ya denominar harina, usualmente este se puede rehidratar en cualquier momento para convertirse en masa y preparar una extensa diversidad platillos y bebidas. Durante el proceso de nixtamalización se invierte una enorme cantidad de energía a la vez que se contamina el agua que se usó, León-Villalobos et al. (2023) consideran que se generan diversos peligros ambientales del proceso de nixtamalización, lo que ha llevado a la búsqueda y creación de métodos innovadores para disminuir el impacto climático del consumo de alimentos derivados del maíz.

Entre los diversos alimentos derivados del maíz nativo el de mayor consumo en México es la tortilla, debido a su sabor, textura, versatilidad y que proporciona un alto grado de saciedad, además, su consumo está íntimamente ligado a las costumbres culinarias y culturales del país. Uuh-Narvaez et al. (2023) destacan que la tortilla de maíz desempeña un papel importante contextualizado en las comunidades indígenas las cuales se caracterizan por estar en un entorno de pobreza, teniendo una ingesta diaria de la tortilla elaborada de maíces nativos. La composición nutricional de la tortilla de maíz tendrá variaciones nutricionales que dependen de la nixtamalización y el tipo de maíz utilizado, no obstante, el índice glucémico que presenta su consumo es considerable como consecuencia del porcentaje de almidón que tiene, el cual está alrededor de un 70%, convirtiéndolo en un alimento poco recomendable para personas que presentan diabetes tipo 2, este padecimiento es común justamente entre las poblaciones indígenas mexicanas. En este capítulo de libro se abordan cuáles son las moléculas de interés que se encuentran en los maíces nativos mexicanos convirtiéndolos en materia prima para la producción de súper alimentos, además de algunas metodologías innovadoras que disminuyen el impacto ambiental durante su procesamiento, igualmente se incursiona en el diseño de algunos de los alimentos y bebidas tomando como base a los maíces nativos mexicanos.

2. Moléculas de interés en el maíz

Debido a su versatilidad el maíz además de ser un alimento esencial para la humanidad y los animales, destaca por ser empleado como materia prima para producir alcohol, aceite, almidón, biopelículas, espesantes, colorantes, suplementos alimenticios, hongos comestibles (*Ustilago maydis*), entre otros, Wang, et al. (2024) mencionan que los péptidos derivados de diversas fuentes, incluido el maíz pueden mejorar el metabolismo, como consecuencia de la alta demanda de péptidos bioactivos por su actividad biológica. Di Lena et al. (2020) indican que en Europa el maíz se utiliza comúnmente como materia prima para la obtención de bioetanol, básicamente su notoriedad se debe a su elevado contenido de fitoquímicos bioactivos, tales como esteroides vegetales, tocoferoles, tocotrienoles, compuestos fenólicos y

carotenoides, la principal característica de estos bioactivos es la resistencia durante los procesos industriales junto con el etanol y residuos de levadura.

Existen algunos subproductos de bajo valor agregado derivado del cultivo del maíz, entre los cuales destaca el salvado de maíz, su uso principal se destina a complementar la alimentación del ganado. Akbari et al. (2024) han dedicado esfuerzos significativos para optimizar la extracción de los compuestos bioactivos presentes en el salvado de maíz ya que han demostrado ser de gran interés y uso en diversas industrias como la de los alimentos, la farmacéutica, la cosmética y la agraria. Entre los principales fitoquímicos se destacan algunos fitoesteroides, fibra dietética, pigmentos como los carotenoides y una gran diversidad de compuestos fenólicos, es ya conocido el impacto benéfico que estos compuestos tienen en la salud humana y animal, entre las principales funciones predomina su elevado poder antioxidante, la actividad antimutagénica presente y la efectividad antiinflamatoria.

La producción de bioetanol a partir de maíz ha sido explorada ampliamente en los últimos años, los rendimientos, así como las metodologías empleadas tienen una evolución constante y veloz, entre los principales subproductos de interés generados por esta industria, existe una novedosa fuente de proteína de origen vegetal, los subproductos derivados de la destilación del maíz en general han sido subvalorados y Sharma et al. (2024) proponen evaluar el potencial de las proteínas y péptidos generados en este bioproceso, en la revisión realizada por los autores hacen énfasis en la composición y la calidad de los bioactivos presentes en los residuos. Las proteínas presentes en el concentrado obtenido de la destilación son consideradas aptas para ser hidrolizadas y usadas en la industria alimentaria, una particularidad de estas proteínas, es que presentan cierto grado de glucosilación, esto como consecuencia de los múltiples pasos empleados durante la separación por diferencias en el punto de ebullición de los solventes empleados, las principales funciones de los péptidos obtenidos durante la hidrólisis de las proteínas son su capacidad antioxidante y su capacidad para inhibir la enzima convertidora de angiotensina.”

3. Metodologías innovadoras para el procesamiento del maíz

Retomando lo que mencionan Uuh-Narvaez et al. (2023) acerca de la composición del maíz, el cual señala que contiene alrededor de un 70% de almidón, se hacen esfuerzos en el desarrollo de metodologías innovadoras para el aprovechamiento de las moléculas como el almidón, se

enfocan en redirigir los métodos tradicionales químicos y físicos para transformar el almidón nativo. Conjuntamente, estas modificaciones ayudan a optimizar varios aspectos del almidón como la solubilidad, la retrogradación y la sinéresis, la resistencia al esfuerzo cortante y la desintegración térmica (Rahaman, et al., 2021), no obstante, se sigue innovando como resultado de la preocupación por el uso de metodologías consideradas con el medio ambiente para modificar el almidón nativo.

Uno de los principales intereses es el de disminuir o eliminar cualquier residuo tóxico generado por la introducción de nuevos grupos funcionales como carboxilo, acetilo, hidroxipropilo, amina, amida u otro al polímero del almidón, Rahaman, et al. (2021) proponen utilizar el ultrasonido como tecnología innovadora para el procesamiento de la despolimerización física del almidón, el fundamento teórico de esta metodología se basa en la formación de cavidades con gas o vapor a medida que la presión disminuye, esto causa un rápido colapso de las microburbujas debido a la enorme presión, de esta manera se transforman las propiedades funcionales del almidón nativo y se obtienen beneficios como el aumento en la selectividad y calidad de las moléculas, a la par de la disminución del uso de productos químicos, menor tiempo del proceso, además de reducir el requerimiento energético.

La transformación de los alimentos para su conservación mediante diversos tipos de fermentaciones ha sido ampliamente utilizada en el ámbito de la industria alimentaria, Reyes et al. (2018) realizaron el proceso de fermentación ácido-láctica inoculado con *Lactobacillus bulgaricus* (poner en *italicas*) aislados de maíces nativos mexicanos, con el objetivo de disminuir la bioaccesibilidad del almidón, esta propuesta surge de la hipótesis que establece que la disponibilidad del almidón depende de su microestructura. Los autores atribuyen que las mediciones realizadas a partir de calorimetría diferencial de barrido muestran un incremento en la entalpía de gelatinización en un 60% después de haberse realizado la fermentación ácido-láctica, lo que se interpretó como un aumento en la cristalinidad porque indujo el perfeccionamiento de la microestructura cristalina, apuntando a que la fermentación ácido-láctica induce la formación de gránulos de almidón resistentes a la hidrólisis.

Algunos de los esfuerzos más grandes para disminuir la contaminación en la extracción de polifenoles es encontrar alternativas a los solventes orgánicos como el etanol, metanol, acetato de etilo y acetona, estos solventes son tóxicos, nunca se recuperan por completo y no son biodegradables, ya existen algunos estudios enfocados en la extracción de compuestos fenólicos específicos para los maíces. Akbari et al. (2024) proponen el empleo de “disolventes eutécticos naturales”, estos son mezclas líquidas de metabolitos que están usualmente en la naturaleza, entre estos podemos encontrar azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos, bases orgánicas y vitaminas. Estas mezclas se forman con la combinación de hidrógeno lo que lo convierte en aceptor de enlaces a una determinada concentración molar, estas mezclas presentan diversas ventajas ante los tradicionales solventes orgánicos resaltando biocompatibilidad, biodegradabilidad, baja toxicidad y bajo costo. Entre las conclusiones del estudio de Akbari et al. (2024) realzan la optimización de extractos abundantes en antioxidantes de salvado de maíz fermentado empleando “disolventes eutécticos naturales”, esto acentúa la

capacidad de este enfoque sostenible para mejorar el contenido fenólico y antioxidante.

4. Propuestas para el diseño de los alimentos empleando maíces nativos

Desde el 2014, se han llevado a cabo diversos estudios sobre la implementación del maíz, cebada, arroz, trigo y sorgo en la elaboración de la cerveza, estos cereales han sido introducidos como fuente de almidón para proporcionar carbohidratos que sean asimilables para la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, la inserción de estas materias primas va correlacionada con la disponibilidad local de los ingredientes, sin embargo, el impacto en la composición fisicoquímica y sensorial del producto final ha sido notoria y genera perfiles diferentes a los esperados por los consumidores. Poreda et al. (2014) proponen el malteo de los diversos cereales para aumentar el poder diastático de las enzimas que degradan al almidón en los carbohidratos que se convertirán en etanol y dióxido de carbono durante la fermentación alcohólica. Entre las principales conclusiones del malteo de los cereales para la elaboración de las cervezas predomina el aumento en el rendimiento de proceso de la fermentación alcohólica y una importante mejora en la caracterización sensorial de la cerveza, especialmente en el acrecentamiento de la espuma.

Flores-Calderón et al. (2017) desarrollaron una cerveza elaborada con un 100% de malta de maíz azul adicionada con chile guajillo, lo que les permitió determinar cuál fue el efecto de los antioxidantes presentes en la bebida funcional innovadora, entre las conclusiones más notables obtenidas de este estudio se destaca que el contenido de éstos compuestos iba disminuyendo durante el proceso de maduración de la cerveza, dejando abierta la posibilidad de proponer nuevas formas de extracción de moléculas de interés presentes en el maíz como materia prima y la posterior adición de las mismas en etapas posteriores a su maduración, así garantizar que la mayor proporción de antioxidantes llegue al consumidor.

Asimismo, Hernández-Becerra et al. (2019) realizaron estudios fisicoquímicos y morfológicos en granos de maíz de la variedad palomero y puma durante el proceso de malteo para determinar el potencial de estos cereales en la industria cervecera teniendo como resultado cambios en la viscosidad de la cerveza asociados con la degradación de amilosa, esto se debe a una desramificación de amilopectina y al aumento en la concentración de azúcares reductores, además de cambios significativos en la composición como la pérdida de carbohidratos.

Recientemente se presentó una innovadora propuesta para la elaboración de whisky hecho a base de maíces nativos mexicanos, el proceso de elaboración se basa en el malteo de maíz rojo para su utilización en la elaboración de cerveza y subsecuentemente se realiza una destilación para poder aumentar el volumen de alcohol y considerarse whisky, adicional a esta propuesta la bebida es envejecida con un proceso acelerado con chips de madera, teniendo como resultado un olor y sabor único en el mercado (Espitia-López et al., 2023).

También se encuentra en investigación el desarrollo, innovación y reinención de algunos alimentos sólidos que

tienen como base una variedad de maíces nativos. Tal es el caso del desarrollo y evaluación de propiedades, fisicoquímicas, nutraceuticas y sensoriales de polvorones horneados elaborados con harina integral de maíz azul. Este estudio reveló un mayor contenido de fenoles y antocianinas reflejando una mayor actividad antioxidante al igual que una composición bromatológica similar en comparación con muestras comerciales basadas en productos refinados de harina de trigo, además, de mejorar la aceptabilidad, el color y sabor de los polvorones elaborados con la harina de maíz azul teniendo mayores propiedades benéficas para la salud y un producto aceptable para el consumidor (Vázquez-Carrillo et al., 2018). Asimismo, Cruz-Vazquez et al. (2019) evaluaron los cambios en las propiedades de textura de tamales elaborados con razas de maíz cacahuazintle con endospermo duro, maíz tuxpeño con endospermo intermedio y maíz palomero toluqueño con endospermo. Los resultados mostraron que las tres razas empleadas tenían una textura adecuada, aunque al utilizar maíz con un endospermo duro se obtenían tamales más suaves y adherentes, mientras que los tamales elaborados con un endospermo blando presentaron características de mayor dureza, gomosidad, así como menos adherencia, teniendo en cuenta que los tamales deben de contar con una textura firme, esponjosa y ligeramente elástica que asegure que la masa pueda sostener adecuadamente los rellenos utilizados para la elaboración de este alimento.

Complementando con investigaciones en donde alimentos sólidos y líquidos han sido elaborados por Mendoza-Mendoza et al. (2023) utilizaron todas las partes de la mazorca de maíz morado debido a la alta concentración de antocianinas en todos sus componentes, teniendo como resultado los productos de tres alimentos sólidos elaborados con los granos del maíz (elote, snack y tortillas) y seis bebidas preparadas a partir de las hojas y la mazorcas o estigmas del maíz (bebidas funcionales, infusiones y téis calientes), se compararon los valores del contenido total de antocianinas y se estimó la ingesta de las mismas teniendo como resultado una notable mayoría del contenido de antocianinas en las bebidas (infusiones elaboradas con las hojas y mazorcas del maíz) que en los alimentos sólidos, resultante del proceso de preparación que influye directamente en el contenido de las antocianinas y recomendando una ingesta dietética de antocianinas presentes en el maíz de 300 g de alimentos y 750 mL de bebidas elaboradas con maíz morado mostrando potencial como fuente de alimentos con posibles efectos bioactivos.

Referencias

- Akbari M., Gómez-Uríos C., Hadi Razavi S., Khodaiyan F., Blesa J., Esteve M. J. 2024. Optimization of solid-state fermentation conditions to improve phenolic content in corn bran, followed by extraction of bioactive compounds using natural deep eutectic solvents. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 93:103621. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103621>
- Cruz-Vazquez C., Villanueva-Carvajal A., Estrada-Campuzano G., Dominguez-Lopez A. 2019. Tamales texture properties as a function of corn endosperm type. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 16. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100153>
- Di Lena G., Sanchez del Pulgar J., Lombardi Boccia G., Casini I., Ferrari Nicoli S. 2020. Corn Bioethanol Side Streams: A Potential Sustainable Source of Fat-Soluble Bioactive Molecules for High-Value Applications. *Foods*, 9, 1788; doi:10.3390/foods9121788
- Espitia-López V. L., Verde-Calvo J. R., Escalona-Buendía H. B. 2023. Flash profile for describing sensory attributes of red corn malt whisky matured in miniature oak casks vs. Oak wood chips. Pangborn conference, Nantes France, August 20-24.
- Flores-Calderón A. M. D., Luna H., Escalona-Buendía H. B., Verde-Calvo J. R. 2017. Chemical characterization and antioxidant capacity in blue corn (*Zea mays* L.) malt beers. *Journal of the Institute of Brewing*; 123: 506–518. DOI 10.1002/jib.444
- Hernández-Becerra E., Contreras-Jiménez B., Vuelvas-Solorzano A., Millan-Malo B., Muñoz-Torres C., Oseguera-Toledo M. E., Rodríguez-García M. E. 2020. Physicochemical and morphological changes in corn grains and starch during the malting for Palomero and Puma varieties. *Cereal Chem*, 2020; 97: 404–415. <https://doi.org/10.1002/cche.10256>
- León-Villalobos J. A., Maldonado-Astudillo Y. I., Jiménez-Hernández J., Alvarez-Fitz P., Flores-Andrade E., Castro-Coronel Y., Ramírez-Sucre O., Salazar R. 2023. Effect of calcium hydroxide on pasting, thermal, and water adsorption behavior, and the flow properties of nixtamalized corn flour. *J Food Process Eng*. 2023; 46:e14366. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14366>
- Mendoza-Mendoza C. G., Soto-Hernández R. M., Mendoza-Castillo M. del C., Delgado-Alvarado A., Sánchez-Ramírez F. J. 2023. Foods and beverages made from Mexican Purple Corn: a means to increase anthocyanins' intake. *Functional Foods in Health and Disease*. 13(11): 632-647. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v13i11.1194>
- Poreda A., Czarnik A., Zdaniewicz M., Jakubowski M., Antkiewicz P. 2014. Corn grist adjunct - application and influence on the brewing process and beer quality. *Journal of the Institute of Brewing*. 120: 77–81. DOI 10.1002/jib.115
- Rahaman A., Kumari A., Zeng X.-A., Farooq Muhammad A., Siddique R., Khalifa I., Siddeeg A., Ali M., Manzoor Muhammad F. 2021. Ultrasound based modification and structural-functional analysis of corn and cassava starch. *Ultrasonics Sonochemistry* 80 (2021) 105795. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105795>
- Reyes I., Hernandez-Jaimes C., Meraz M., Rodríguez-Huezo M. E. 2018. Physicochemical changes of corn starch during lactic acid fermentation with *Lactobacillus bulgaricus*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 17, No. 1 (2018) 279-289. doi: 10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2018v17n1/Reyes
- Sharma S., Haydera A., Pradhana R., Manickavasagana A., Thimmanagarib M., Suranjoy Singha S., Aiswarya Dashe A., Dutta A. 2024. Corn Distillers Solubles as a Plant-Based Bioresource for Proteins and Bioactive Peptides: Current Status and Bioprospects- a Critical Review. *Food reviews international*. VOL. 40, NO. 1, 574–619 <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2177672> © 2023 Taylor & Francis
- SIAP – Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). <https://www.facebook.com/photo/?fbid=860529339452782&set=a.361428149362906>
- Uuh-Narvaez J. J., Us Medina U., Muñoz Rodríguez D., Segura Campos M. R. 2023. Nutritional and functional properties of corn tortillas added with cabbage as an option for diabetes management. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32 (2023) 100706. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100706>
- Vázquez-Carrillo M. G., Aparicio-Eusebio L.A., Salinas-Moreno Y. 2018. Nutraceutical, Physicochemical, and Sensory Properties of Blue Corn polvorones, a Traditional Flour-Based Confectionery. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73, 321–327. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0692-z>

Wang, Z.; Li, G.; Liu, X. Identification of Corn Peptides with Alcohol Dehydrogenase Activating Activity Absorbed by Caco-2 Cell Monolayers. *Molecules*, 2024, 29, 1523.
<https://doi.org/10.3390/molecules29071523>

ACEPTADO--ACCEPTED