

CEREALES Y BEBIDAS FERMENTADAS COMO UN VEHÍCULO DE FUNCIONALIDAD Y TRANSPORTE DE NUTRIENTES

CEREALS AND FERMENTED BEVERAGES AS VEHICLES FOR FUNCTIONALITY AND NUTRIENT DELIVERY

SÁNCHEZ FLORES, Citlali ¹

RODRÍGUEZ HERRERA, Raúl ¹

LOREDO TREVIÑO, Araceli ¹

TORRES MARAVILLA, Edgar ²

VEANA HERNÁNDEZ, Fabiola ³

FLORES GALLEGOS, Adriana
Carolina ¹

RESUMEN

Desde tiempos antiguos se han consumido diversos alimentos fermentados entre ellos las bebidas fermentadas tradicionales preparadas a partir de cereales básicos que a nivel mundial constituye una de las principales fuentes de energía y nutrientes aportando carbohidratos, proteínas, fibra dietética, vitaminas, minerales y fitoquímicos tales como compuestos fenólicos y flavonoides. Durante el proceso de fermentación, la actividad metabólica de los microorganismos modifica la composición de las materias primas lo cual favorece la liberación de nutrientes, la reducción de antinutricionales y la formación de diversos metabolitos que pueden mejorar la biodisponibilidad además del aspecto sensorial del producto final. Entre las diversas materias primas que se pueden emplear, los cereales destacan por la amplia disponibilidad y capacidad de adaptación, siendo utilizados en bebidas comúnmente conocidas en varias regiones del mundo tales como en México y parte de Latinoamérica el pozol, tejuino, tesgüino, chicha, atole agrio, mientras que el ogí y mahewu se consumen en continentes de África y Asia, reflejando la diversidad cultural y el aprovechamiento de los recursos locales aplicando métodos como el remojo, germinación, tostado o la nixtamalización que potencializan las propiedades nutricionales y tecnológicas de los cereales. No obstante, la variabilidad de las materias primas y la estandarización limitada de los procesos fermentativos continúan representando desafíos en la producción. En este contexto, la presente revisión analiza el papel de los cereales y de las bebidas fermentadas como matrices para el transporte de nutrientes y de compuestos funcionales destacando su potencial para el desarrollo de alimentos innovadores, sostenibles y con valor agregado.

Palabras clave: *fermentación; cereales; valor nutricional; compuestos bioactivos.*

1. Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.
2. Facultad de Medicina y Nutrición, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México.
3. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.

Correspondencia
carolinaflores@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5092-1404>
Fecha de recepción
20 de marzo de 2026.
Fecha de aceptación
28 de agosto de 2026.

ABSTRACT

Since ancient times, people have consumed a variety of fermented foods, including traditional fermented beverages made from staple grains, which are among the world's primary sources of energy and nutrients. These grains provide carbohydrates, proteins, dietary fiber, vitamins, minerals, and phytochemicals such as phenolic compounds and flavonoids. During fermentation, the metabolic activity of microorganisms modifies the composition of the raw materials, promoting the release of nutrients while reducing antinutritional factors and generating various metabolites that enhance the bioavailability and sensory properties of the final product. Among the various raw materials used for fermentation, grains stand out because of their wide availability and adaptability. They are the basis of traditional beverages consumed in many regions of the world. In Mexico and other parts of Latin America, they include pozol, tejuino, tesgüino, chicha, and atole agrio, whereas ogí and mahewu are widely consumed in Africa and Asia. These beverages reflect cultural diversity and the use of locally available resources through processing methods such as soaking, germination, roasting, and nixtamalization, which improve the nutritional and technological properties of cereals. However, the variability of raw materials and the limited standardization of fermentation processes continue to present challenges for large-scale production. In this context, this review examines the role of cereals and cereal-based fermented beverages as matrices for delivering nutrients and functional compounds, highlighting their potential for the development of innovative, sustainable, and value-added foods.

Keywords: fermentation; cereals; nutritional value; bioactive compounds.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el crecimiento de la población mundial, los cambios en los hábitos alimentarios y la prevalencia de enfermedades relacionadas con la dieta han impulsado la búsqueda de estrategias que mejoren la calidad nutricional de los alimentos. En este contexto, el desarrollo e innovación de alimentos funcionales capaces de proporcionar no solo los nutrientes esenciales, sino también de ser una fuente activa de compuestos bioactivos han destacado tanto en el ámbito científico como en la industria alimentaria,

la cual se posiciona como un potencial para responder a las demandas de los consumidores, quienes cada vez más se interesan por alimentos más saludables y sostenibles.

Entre los diferentes grupos de alimentos se encuentran los cereales, siendo cultivos fundamentales en la alimentación humana constituyendo una de las fuentes principales de energía y nutrientes para la mayor parte de la población mundial, además de representar más del 74 % de la superficie cultivada total, constituyendo el 60 % en peso de la producción mundial de alimentos dentro de los cuales se encuentran la cebada (*Hordeum vulgare* L.), maíz (*Zea mays* L.), mijo (*Panicum miliaceum* L.), avena (*Avena sativa* L.), arroz (*Oryza glaberrima* / *Oryza sativa*), centeno (*Secale cereale*), sorgo (*Sorghum bicolor*) y trigo (*Triticum aestivum* L.) (Baniwal et al., 2021). Los cereales son gramíneas pertenecientes a la familia Poaceae, que más allá de su aporte de carbohidratos, proteínas, fibra dietética, vitaminas y minerales se caracterizan por el contenido de fitoquímicos bioactivos que desempeñan un papel importante en funciones específicas humanas como acción antioxidante, antiinflamatoria, regulación de hormonas, mejoramiento del sistema inmunológico entre otros (Blandino et al., 2003; Xiong et al., 2022). Por ello, estas características han impulsado su uso no solo como alimentos básicos, sino también como ingredientes en el desarrollo de productos con valor agregado.

Paralelamente, las bebidas fermentadas se han consumido durante siglos en diversas regiones del mundo, constituyendo una de las categorías de alimentos con mayor potencial para la incorporación y/o liberación de nutrientes y compuestos bioactivos, clasificándose en lácteos, frutas y verduras, legumbres, cereales, café o té. Sin embargo, comparten la misma funcionalidad: aumentar la energía y combatir el envejecimiento, la fatiga, el estrés e incluso las enfermedades (Sethi et al., 2016). Para llevar a cabo el desarrollo de estas bebidas se utiliza uno de los procesos más antiguos: la fermentación, que se basa en una transformación bioquímica que modifica la composición de las materias primas, favoreciendo así la generación de metabolitos de interés y la reducción de factores antinutricionales, así como cambios en la disponibilidad de nutrientes (Ignat et al., 2020). Además, la actividad microbiana puede contribuir a la formación de compuestos que influyen tanto en las propiedades tecnológicas, nutricionales como sensoriales de los productos fermentados.

Por lo cual, la combinación de cereales y de procesos fermentativos representa una estrategia para el desarrollo e innovación de alimentos funcionales, donde técnicas como el remojo, el germinado, el malteado, la cocción, la molienda y el filtrado representan una alternativa para mejorar tanto el aspecto sensorial como la disponibilidad de nutrientes, compuestos bioactivos e inclusive de algunos probióticos (Ignat et al., 2020). Debido a ello, los cereales y las bebidas fermentadas pueden considerarse vehículos eficaces para el transporte de nutrientes y compuestos bioactivos, lo que contribuye a mejorar su accesibilidad y su aprovechamiento por el organismo.

A pesar de los constantes avances en los procesos fermentativos y de la creciente diversidad de bebidas elaboradas a partir de cereales, aún persisten muchos desafíos relacionados con la comprensión de los mecanismos mediante los cuales las materias primas, los microorganismos y las condiciones de fermentación interactúan entre sí para dar lugar a la funcionalidad de los productos finales. Por ello, el objetivo de la presente revisión es ofrecer una visión general del panorama de las bebidas fermentadas a partir de cereales, así como de su composición, del transporte de nutrientes y del impacto en la disponibilidad de compuestos bioactivos.

2. DE LO TRADICIONAL A LO ESTANDARIZADO

Tradicionalmente y hasta el día de hoy aún prevalecen culturas en donde las bebidas fermentadas se siguen consumiendo y elaborando de manera tradicional, esto quiere decir que surgen de manera espontánea sin la necesidad de añadir un cultivo iniciador, lo cual se debe a la presencia de microorganismos autóctonos de las materias primas que presentan características tecnológicas notables, estos microorganismos suelen ser consorcios en lugar de cultivos puros, por lo que pueden estar formados por bacterias de diferentes especies. Sin embargo, durante el proceso deben tener la capacidad de multiplicarse a niveles elevados para actuar como un cultivo iniciador, con la finalidad de prevenir la proliferación de microorganismos patógenos que afecten negativamente al producto (Cuvas-Limon et al., 2021).

A partir de ello, se ha ido estudiando cada una de las bebidas fermentadas tradicionales con la finalidad de identificar cómo la interacción entre microorganismos y sustrato influye de manera significativa en el tipo de

producto que se obtiene. Dentro de la literatura se menciona el aislamiento de microorganismos de bebidas fermentadas espontáneamente para identificarlos e inducirlos a un sustrato en condiciones ya controladas tratando de producir o mejorar la misma bebida además de estudiar la dinámica microbiana, a dicho proceso se le conoce como fermentación inducida (figura 1), el cual se basa en la adición de un cultivo iniciador ya conocido tal como *Lactocaseibacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, permitiendo un mejor control del proceso, periodos más cortos y menor riesgo de contaminación por microorganismos patógenos así como una mejor calidad de conservación del producto (Sionek et al., 2023).

Por otra parte, la fermentación por reverso (backslopping) consiste en retener una porción de una sustancia previamente fermentada como iniciador, que luego se mezcla con una parte fresca para la fermentación lo cual a diferencia de las fermentaciones espontáneas se utilizan iniciadores muy activos que aceleran el proceso de fermentación reduciendo tiempos y mejorando la eficiencia demostrándose cierta inhibición en patógenos y de deterioro mediante la producción de ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas, así como la disminución del pH y potencial de oxidación reducción (Moran et al., 2006; Zhang et al., 2025).

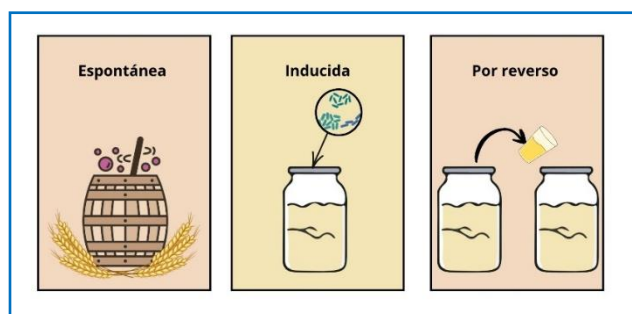


Figura 16.
Tipos de fermentación.
Imagen propia.

Existen bebidas en donde se lleva a cabo una doble fermentación: la primera consiste en una masa enriquecida con microorganismos fermentadores que se deja fermentar durante un tiempo (tres a cinco días) para posteriormente adicionar agua y, en combinación con otra matriz, dar paso a una segunda fermentación que se realiza de manera natural de tres a diez días a temperatura ambiente con el propósito de potencializar nutrientes, sabores y texturas (Tangler & Erten, 2012).

3. DE CEREALES A BEBIDAS FERMENTADAS

Como se ha mencionado anteriormente la preparación y fermentación tradicional de las bebidas fermentadas se realiza de manera espontánea, caracterizándose por las diferentes comunidades microbianas; esta microflora determina las cualidades de los productos fermentados. El proceso de elaboración inicial se comparte entre bebidas fermentadas tradicionales (figura 2) comenzando por la limpieza de granos, seguido de algún tratamiento de remojo, germinación u otro dependiendo del tipo de bebida, posteriormente se realiza una molienda en húmedo o seco obteniendo masa o harina el cual pasa por un proceso de cocción para obtener una gelatinización del almidón, así como de la liberación de azúcares fermentables que serán utilizados por la microbiota nativa durante el proceso de fermentación espontánea, aunque algunas de las bebidas no requieren de una cocción por lo que se realiza la fermentación y posteriormente su consumo (Ignat et al., 2020; Madilo et al., 2024).

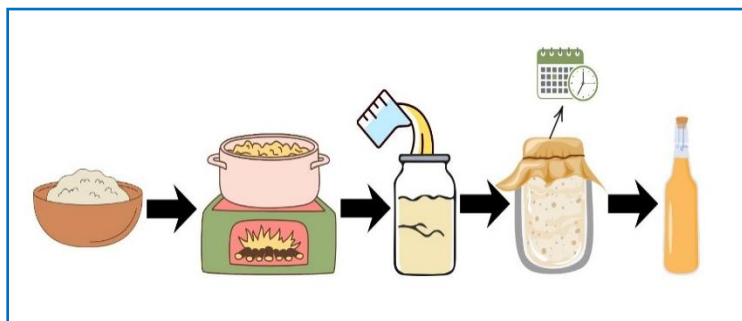


Figura 2.
Proceso de
fermentación.
Imagen propia.

El conocimiento en la elaboración de bebidas fermentadas tradicionales se conoce en todo el mundo, principalmente en países africanos, donde su consumo es aún mayor, siendo una práctica comúnmente realizada para saciar el hambre, puesto que cereales como el mijo, maíz y sorgo son accesibles para cultivar. En Nigeria se prepara una bebida llamada Ogi, a partir de maíz, sorgo y mijo, que se caracteriza por tener una consistencia a papilla fermentada con una textura muy suave y un sabor ácido similar al de un yogurt. Su consumo es tanto para personas adultas como para bebés, ya que al no contar con un fácil acceso a fórmulas lácteas se opta por el consumo de esta bebida (Banigo & Muller, 1972). El Mahewu es una bebida refrescante que se obtiene de la fermentación espontánea del maíz cocido, mijo o malta de sorgo. Se consume en países como Zimbabue, donde, al igual que el Ogi, se considera un alimento complementario para bebés. Durante la cocción la

textura tiene una semejanza a una papilla de maíz, dicha microbiota que se encuentra es inactivada mediante la adición de malta de mijo o sorgo sin calentamiento (Pswarayi & Gänzle, 2019). El masvusvu se prepara con mijo molido, obteniendo una bebida dulce, mientras que el mangisi es el resultado de la fermentación natural del masvusvu tamizado, dando como resultado un producto con sabor agridulce. Ambos, de color marrón claro, se consumen como refrescos (Zvauya et al., 1997).

México no se queda atrás, desde tiempos prehispánicos se han elaborado diversas bebidas fermentadas principalmente utilizando maíz en sus diferentes presentaciones. Una de ellas es el pozol de origen prehispánico de la cultura maya, es una bebida no alcohólica consumida en estados del sur de México, su preparación se realiza utilizando bolas de masa de maíz previamente nixtamalizado las cuales se envuelven en hojas de plátano y se dejan fermentar a temperatura ambiente de 2 a 7 días, luego se suspende en agua y adicionalmente se le puede añadir masa de batata, cacao tostado, coco, canela o vainilla (Ben Omar & Ampe, 2000; Velázquez-López et al., 2018; Robledo-Márquez et al., 2021). El sendechó (sendech'ó o zeyrecha) es una bebida de la época prehispánica utilizada por los otomíes y los mazahuas, se elabora con maíz malteado pigmentado y de chile la cual se fermenta con pulque, su preparación consiste en colocar granos de maíz en una cesta natural con hojas de Buddleja americana la cual se expone al sol y se dejan en remojo continuo de cuatro a cinco días para que germinen los granos los cuáles se llevan a secar y se muelen con chile, obteniéndose una harina que se cuece en una olla de barro con agua, una vez fría la mezcla se añade un cultivo iniciador llamado íxquini la cual es una porción de un sendecho o pulque previamente fermentado, al final se obtiene una bebida con sabor suave dulce y ligeramente ácido de color blanco o rojo llamada también ctōe (Robledo-Márquez et al., 2021).

El tejúino es una bebida fermentada originaria de Jalisco, pero también muy popular en estados como Sonora, Chihuahua y Durango. En tiempos precolombinos, esta bebida se consumía para saciar la sed, proporcionar energía y refrescar a las personas que realizaban largos viajes. Su elaboración se basa en masa de maíz y piloncillo, cuya mezcla se deja fermentar durante varios días. En Jalisco se acostumbra a tomarlo mezclado con nieve de limón y chile piquín en polvo. Regularmente, su consumo se da en fiestas, ceremonias tradicionales y festividades patronales, aunque hoy en día es muy común encontrarlo en los mercados o en puestos callejeros. La diferencia entre el tejuino tradicional y comercial se basa en el tipo de maíz utilizado ya



que para el comercial se elabora con maíz nixtamalizado mientras que para el tejuino artesanal es con maíz germinado y fermentado (Aguilar-Uscanga et al., 2024). Mientras que el tesgüino es elaborado por diferentes grupos étnicos del norte del país como los rarámuris, wirijias, yakis, seris y tepehuanos, el consumo de esta bebida es para fines ceremoniales, su elaboración parte de granos de maíz germinado los cuales se hierven y fermentan como malta para elaborar un tipo de cerveza, que de acuerdo con el tipo de maíz utilizado varían los compuestos bioactivos en la bebida por lo que la diversidad microbiana es diferente en cada una. Esto deja en claro que aunque el tesgüino y el tejuino comparten orígenes en común son bebidas completamente diferentes ya que el tesgüino es el resultado de una fermentación alcohólica de un tipo de malta de maíz (maíz germinado y cocido en agua) alcanzando concentraciones de etanol de 16 % p/p, mientras que el tejuino es el resultado de una fermentación láctico-acética corta de un atole de maíz que se obtiene al cocinar la masa diluida con pan de azúcar el cual presenta o no bajos niveles de etanol, por lo que la microbiota de ambas bebidas es diferente para cada caso (Arrizon, 2022).

El tascalate es una herencia ancestral de los pueblos indígenas de Chiapas, se considera una bebida energizante y se elabora a partir de una mezcla de granos de maíz, cacao tostado y molido mezclado con achiote y saborizado con canela y azúcar, estos últimos ingredientes se adicionan cuando no se logra vender parte del producto a un precio razonable por lo cual se le da un valor agregado adicionándole ingredientes antes mencionados, obteniendo un producto con valor energético que se acostumbra a ingerir a medio día y como un paliativo entre comidas en las ciudades o localidades urbanas (Cadena-Iñiguez & De la Cruz-Morales, 2012).

El tejate es una bebida de origen mixteco/zapoteco, que se elabora y consume en el sur del Pacífico del país, siendo típica en el estado de Oaxaca. Parte de una mezcla de masa, cacao y semillas de mamey (*Mammea americana L.*) tostadas y molidas, utilizando una infusión de una flor llamada "Rosita del Cacao", parte de una fermentación breve que se sirve a consumidores de la calle, no hay estudios donde se describa la composición microbiana sin embargo se sabe que contiene compuestos bioactivos extraídos de sus principales sustratos como lo son el cacao y mamey (Arrizon, 2022). Finalmente, el atole agrio es una bebida ácida y sin alcohol que se consume en el sureste de México, especialmente en los estados de Tabasco, Chiapas y sur de Veracruz, existen diversas formas de preparación, en algunos estudios se menciona que se utiliza maíz joven no nixtamalizado mientras que otros



describen métodos disponibles para hacer atole agrio a partir de maíz nixtamalizado, otro de los métodos es utilizar masa de maíz fermentada diluida en agua y llevada a ebullición, así como también la utilización de masa fresca que permite que la bebida resultante repose en un lugar cálido hasta que se complete la fermentación, el tiempo de fermentación puede ser de pocas horas e inclusive días dependiendo del sabor deseado, teniendo en cuenta que el atole agrio es la única bebida que necesita hervirse antes de su consumo y normalmente se bebe caliente (Väkeväinen et al., 2020; Reyes-Pavón et al., 2024). En la tabla 1 se presentan los principales microorganismos involucrados en dichas bebidas fermentadas.

Tabla 6. Principales microorganismos presentes en bebidas tradicionales.

Bebida fermentada	Microorganismos presentes en las bebidas	Referencias
Ogi	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Limosilactobacillus fermentum</i>	(Adesemoye et al., 2025)
Mahewu	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	(Mashau et al., 2021)
Pozol	<i>L. plantarum</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. lactis</i> , <i>Streptococcus suis</i> , <i>Acetobacter</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida spp</i> , <i>Aspergillus</i>	(López-Reynoso et al., 2026)
Tejuino	<i>Weissella cibaria</i> CIATEJ BI-48.1, <i>Leuconostoc citreum</i> CIATEJ BI-49.1, <i>Bacillus safensis</i> CIATEJ BI-75.1, <i>Pseudomonas brenneri</i> CIATEJ BI-26.2, <i>Pseudomonas psychrophila</i> CIATEJ BI-27.1, <i>Chryseobacterium bovis</i> CIATEJ BI-55.1, <i>Acetobacter tropicalis</i> CIATEJ BI-84.1, <i>Brochothrix thermosphacta</i> CIATEJ BI-2.1, <i>Corynebacterium calluane</i> CIATEJ BI-4.1, <i>Kurthia gibsonii</i> CIATEJ BI-4.5 y <i>Pantoea vagans</i>	(Reyes-Pavón et al., 2024)
Tesgüino	<i>Bacillus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Brettanomyces</i> , <i>Candida</i> , <i>Pichia</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>	(Aguilar-Uscanga et al., 2024;
Atole agrio	<i>Bacillus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Candida</i> , <i>Cryptococcus</i> , <i>Clavispora</i> , <i>Hanseniaspor</i> , <i>Pichia</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Penicillium</i> .	(Ojeda-Linares et al., 2021)

4. BENEFICIOS Y FUNCIONALIDAD DE LAS BEBIDAS FERMENTADAS

Como se ha mencionado anteriormente, los cereales forman parte de la dieta de miles de personas, siendo una alternativa a los productos lácteos, representando además una fuente de alimentos mucho más económica y viable. Por lo tanto, la combinación con procesos de fermentación contribuye de diversas formas a obtener una bebida con beneficios diversos; se ha encontrado que este proceso permite reducir antinutrientes y micotoxinas, así



como aumentar los niveles de minerales y vitaminas (Setta et al., 2020). Mientras que la fibra soluble e insoluble aporta beneficios para la salud intestinal, la reducción del colesterol, el control de la glucemia y el control del peso, considerándose, asimismo, fuente de prebióticos al estimular el crecimiento de microorganismos benéficos en el intestino (figura 3) (Fernandes et al., 2018).

La fermentación también ayuda a mejorar el aspecto sensorial, la calidad, la composición nutricional y el perfil bioactivo, los cuales se atribuyen a la diversidad microbiana que se encuentra en la bebida (Hidalgo-Fuentes et al., 2024). Aunque hay pocos estudios donde se describen los beneficios de las bebidas fermentadas a partir de cereales, se ha encontrado que el pozol ayuda a controlar la diarrea y a reducir la fiebre (Rizo et al., 2020). Otro estudio menciona que los mayas utilizaban el pozol para curar problemas gastrointestinales como la diarrea y las enfermedades de la piel mientras que los lacandones lo usaban para bajar la fiebre (Patra et al., 2023). La chicha es rica en vitamina B, mientras que el tesgüino es rico en vitaminas y enzimas y, además, es una bebida refrescante. La Bussa es una bebida que contiene proteína cruda, tiamina y riboflavina, el Ogí ayuda en el control de la gastroenteritis al ser rico en vitaminas, proteínas y minerales (Chaudhary et al., 2014). El tejuino es una bebida funcional que contiene una gran variedad de microorganismos; además, algunas cepas aisladas de esta bebida pueden sintetizar varios tipos de galactooligosacáridos, entre los cuales se incluyen 6-galactobiosa, alolactosa, 3-galactosil-lactosa, 6-galactotrosa y -galactosil-lactosa, los cuales pueden tener efecto prebiótico (Aguilar-Uscanga et al., 2024). La fermentación de los cereales para la producción de bebidas induce una serie de cambios y transformaciones físicoquímicas, lo que desbloquea un gran potencial nutricional en varios de los cereales consumidos en el mundo.

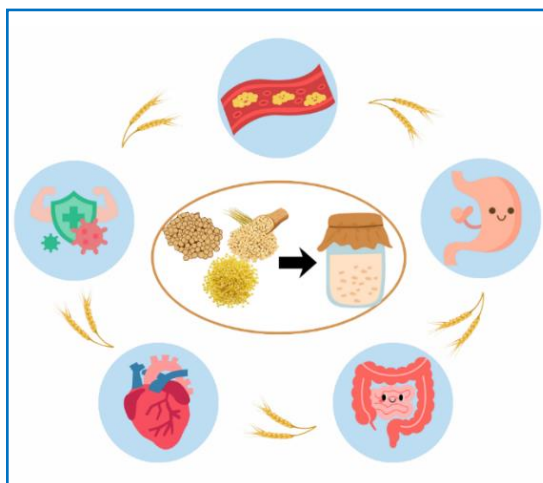


Figura 3. Beneficios de las bebidas fermentadas. Imagen propia.

CONCLUSIONES

La fermentación es uno de los procesos más antiguos y tradicionalmente utilizados, y hasta el día de hoy se sigue practicando, ya sea de manera tradicional o más innovada. Tal es el caso de los países en desarrollo, donde la seguridad alimentaria es un desafío persistente y se ven obligados a mejorar dichos procesos de producción. Por ello, las bebidas funcionan como vehículos para transportar nutrientes y compuestos bioactivos. Diversas bebidas fermentadas han sido objeto de estudio para identificar los microorganismos que intervienen en dichos procesos, ya que el conocimiento sobre estos microorganismos ayuda a optimizar los procesos fermentativos y a mejorar las propiedades nutricionales y funcionales, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad al obtener alimentos más saludables y nutritivos. Sin embargo, a pesar del creciente interés por las bebidas elaboradas a partir de cereales, aún existe conocimiento muy limitado sobre cómo interactúan los distintos cereales, sus compuestos y los microorganismos fermentadores, por lo cual se espera que en un futuro existan avances en la comprensión del comportamiento de cada una de las bebidas.

AGRADECIMIENTOS

Citlali Sánchez-Flores agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de maestría otorgada con número de beca 4032903.

REFERENCIAS

- Adesemoye, E. T., Sanni, A. I., Spano, G., Capozzi, V., & Fragasso, M. (2025). Lactic acid bacteria diversity in fermented foods as potential bio-resources contributing to alleviate malnutrition in developing countries: Nigeria as a case study. *Fermentation*, 11(2), 103. <https://doi.org/10.3390/fermentation11020103>
- Aguilar-Uscanga, B. R., González-Quezada, E., & Solís-Pacheco, J. R. (2024). Traditional fermented beverages in México. In M. Chávarri Hueda (Ed.), *The science of fermentation* (pp. 1–16). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.115063>

- Arrizon, J. (2022). Mexican traditional fermentations from corn (*Zea mays*): An overview. In M. H. Tunick & E. González de Mejía (Eds.), *Hispanic foods: Chemistry of fermented foods* (pp. 49–57). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2022-1406.ch004>
- Banigo, E. O. I., & Muller, H. G. (1972). Manufacture of OGI (a Nigerian fermented cereal porridge): Comparative evaluation of corn, sorghum and millet. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 5(4), 217–221. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(72\)74132-2](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(72)74132-2)
- Baniwal, P., Mehra, R., Kumar, N., Sharma, S., & Kumar, S. (2021). Cereals: Functional constituents and its health benefits. *The Pharma Innovation Journal*, 10(2), 343–349. <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i2e.5681>
- Ben Omar, N., & Ampe, F. (2000). Microbial community dynamics during production of the Mexican fermented maize dough pozol. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9), 3664–3673. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.9.3664-3673.2000>
- Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Cantero, D., & Webb, C. (2003). Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Research International*, 36(6), 527–543. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00009-7)
- Cadena-Iñiguez, P., & De la Cruz-Morales, F. R. (2012). Comidas y bebidas: Mezcla de saberes y sabores zoques en Chiapas. *Agro Productividad*, 5(4), 18–25. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.352234>
- Chaudhary, D. P., Kumar, S., & Langyan, S. (Eds.). (2014). *Maize: Nutrition dynamics and novel uses*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1623-0>
- Cuvas-Limon, R. B., Nobre, C., Cruz, M., Rodriguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Loredó-Treviño, A., Teixeira, J. A., & Belmares, R. (2021). Spontaneously fermented traditional beverages as a source of bioactive compounds: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 2984–3006. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1791050>
- Fernandes, C. G., Sonawane, S. K., & Arya, S. S. (2018). Cereal based functional beverages: A review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(3), 914–919. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2018-19.8.3.914-919>
- Hidalgo-Fuentes, B., de Jesús-José, E., Cabrera-Hidalgo, A. de J., Sandoval-Castilla, O., Espinosa-Solares, T., González-Reza, R. M., Zambrano-Zaragoza, M. L., Liceaga, A. M., & Aguilar-Toalá, J. E. (2024). Plant-based fermented beverages: Nutritional composition, sensory properties, and health benefits. *Foods*, 13(6), 844. <https://doi.org/10.3390/foods13060844>
- Ignat, M. V., Salanță, L. C., Pop, O. L., Pop, C. R., Tofană, M., Mudura, E., Coldea, T. E., Borșa, A., & Pasqualone, A. (2020). Current functionality and potential

improvements of non-alcoholic fermented cereal beverages. *Foods*, 9(8), 1031. <https://doi.org/10.3390/foods9081031>

López-Reynoso, M., Martínez-Medina, G. A., Londoño-Hernández, L., Aguilar-Zarate, P., Hernández-Beltrán, J. U., & Hernández-Almanza, A. Y. (2026). Corn-based fermented beverages: Nutritional value, microbial dynamics, and functional potential—An overview. *Foods*, 15(1), 27. <https://doi.org/10.3390/foods15010027>

Madilo, F. K., Parry-Hanson Kunadu, A., Tano-Debrah, K., Saalia, F. K., & Kolanisi, U. (2024). Diversity of production techniques and microbiology of African cereal-based traditional fermented beverages. *Journal of Food Quality*, 2024(1), 1241614. <https://doi.org/10.1155/2024/1241614>

Mashau, M. E., Maliwichi, L. L., & Jideani, A. I. O. (2021). Non-alcoholic fermentation of maize (*Zea mays*) in sub-Saharan Africa. *Fermentation*, 7(3), 158. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030158>

Moran, C. A., Scholten, R. H. J., Tricarico, J. M., Brooks, P. H., & Verstegen, M. W. A. (2006). Fermentation of wheat: Effects of backslipping different proportions of pre-fermented wheat on the microbial and chemical composition. *Archives of Animal Nutrition*, 60(2), 158–169. <https://doi.org/10.1080/17450390600562700>

Ojeda-Linares, C., Álvarez-Ríos, G. D., Figueredo-Urbina, C. J., Islas, L. A., Lappe-Oliveras, P., Nabhan, G. P., Torres-García, I., Vallejo, M., & Casas, A. (2021). Traditional fermented beverages of Mexico: A biocultural unseen foodscape. *Foods*, 10(10), 2390. <https://doi.org/10.3390/foods10102390>

Patra, M., Bashir, O., Amin, T., Wani, A. W., Shams, R., Chaudhary, K. S., Mirza, A. A., & Manzoor, S. (2023). A comprehensive review on functional beverages from cereal grains-characterization of nutraceutical potential, processing technologies and product types. *Heliyon*, 9(6), e16804. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16804>

Pswarayi, F., & Gänzle, M. G. (2019). Composition and origin of the fermentation microbiota of mahewu, a Zimbabwean fermented cereal beverage. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(11), e03130-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.03130-18>

Reyes-Pavón, D., Soto-Sigala, K. S., Cano-Sampedro, E., Méndez-Trujillo, V., Navarro-Ibarra, M. J., Pérez-Pasten-Borja, R., Olvera-Sandoval, C., & Torres-Maravilla, E. (2024). Pigmented native maize: Unlocking the potential of anthocyanins and bioactive compounds from traditional to functional beverages. *Beverages*, 10(3), 69. <https://doi.org/10.3390/beverages10030069>

Rizo, J., Rogel, M. A., Guillén, D., Wachter, C., Martínez-Romero, E., Encarnación, S., Sánchez, S., & Rodríguez-Sanoja, R. (2020). Nitrogen fixation in pozol, a traditional fermented beverage. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(16), e00588-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.00588-20>

- Robledo-Márquez, K., Ramírez, V., González-Córdova, A. F., Ramírez-Rodríguez, Y., García-Ortega, L., & Trujillo, J. (2021). Research opportunities: Traditional fermented beverages in Mexico. Cultural, microbiological, chemical, and functional aspects. *Food Research International*, 147, 110482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110482>
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Setta, M. C., Matem, A., & Mbega, E. R. (2020). Potential of probiotics from fermented cereal-based beverages in improving health of poor people in Africa. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 3935–3946. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04432-3>
- Sionek, B., Szydłowska, A., Kűşűkgűz, K., & Kűlűzyn-Krajewska, D. (2023). Traditional and new microorganisms in lactic acid fermentation of food. *Fermentation*, 9(12), 1019. <https://doi.org/10.3390/fermentation9121019>
- Tanguler, H., & Erten, H. (2012). Occurrence and growth of lactic acid bacteria species during the fermentation of shalgam (salgam), a traditional Turkish fermented beverage. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.026>
- Vűkevűinen, K., Hernűndez, J., Simontaival, A. I., Severiano-Pűrez, P., Dűaz-Ruiz, G., von Wright, A., Wacher-Rodarte, C., & Plumed-Ferrer, C. (2020). Effect of different starter cultures on the sensory properties and microbiological quality of atole agrio, a fermented maize product. *Food Control*, 109, 106907. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106907>
- Velűquez-Lűpez, A., Covatzin-Jirűn, D., Toledo-Meza, M. D., & Vela-Gutiűrrez, G. (2018). Bebida fermentada elaborada con bacterias űcido lűcticas aisladas del pozol tradicional chiapaneco. *CienciaUAT*, 13(1), 165–178. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.871>
- Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., Shen, S., & Fang, Z. (2022). Cereal grain-based functional beverages: From cereal grain bioactive phytochemicals to beverage processing technologies, health benefits and product features. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(9), 2404–2431. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853037>
- Zhang, K., Wei, S., Zhang, Y., Meng, X., Ai, Y., Wang, H., & Zhang, H. (2025). Impacts of backslipping fermentation on the hierarchical structure, physicochemical properties and digestibility of mung bean starch. *Food Chemistry*, 495, 146454. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146454>
- Zvauya, R., Mygochi, T., & Parawira, W. (1997). Microbial and biochemical changes occurring during production of masvusu and mangisi, traditional Zimbabwean beverages.

Plant Foods for Human Nutrition, 51(1), 43–51.
<https://doi.org/10.1023/A:1007972428849>

DIVULGACIÓN