



Bebidas fermentadas elaboradas a partir de semillas no convencionales:

producción, características y propiedades

S. S. Reyes-Flores* y M. M. Ramírez-Rodriguez

*Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos
Correo electrónico: samanta.reyesfs@udlap.mx

RESUMEN

En los últimos años, se ha observado un mayor uso de semillas no convencionales en la elaboración de bebidas fermentadas debido a sus propiedades nutricionales y funcionales. En la presente revisión se abordará el tema de las bebidas fermentadas elaboradas a partir de semillas no convencionales como la chía, la quinua, el amaranto y el cáñamo, con la finalidad de presentar sus características, propiedades y variables de proceso. Las semillas no convencionales presentadas son una opción para la elaboración de bebidas fermentadas, ya que traen consigo diferentes beneficios, como presentar probióticos y compuestos prebióticos, ofrecer un alto contenido de macronutrientes, micronutrientes y compuestos bioactivos, así como los consecuentes efectos benéficos en la salud tras su consumo.

Palabras clave: bebidas, fermentación, semillas no convencionales, quinua, amaranto, cáñamo, chía.

ABSTRACT

In recent years, there has been an increased use of non-conventional seeds in the production of fermented beverages due to their nutritional properties. This review will address the subject of fermented beverages made from non-conventional seeds such as chia, quinoa, amaranth, and hemp, with the aim to show their characteristics, properties, and process variables. The non-conventional seeds presented are a viable option for the elaboration of fermented beverages since they offer different benefits such as presenting probiotic microorganisms and prebiotic compounds, offering a high content of macronutrients, micronutrients, and bioactive compounds as well as the health benefits after their consumption.

Keywords: beverages, fermentation, unconventional seeds, quinoa, amaranth, hemp, chia.

INTRODUCCIÓN

Se conocen como bebidas fermentadas a aquellas que para su elaboración pasaron por algún proceso de fermentación, el cual aporta sabores, texturas y otros beneficios nutricionales exclusivos y propios de la bebida, tales como la presencia de distintos probióticos, compuestos prebióticos, aminoácidos, vitaminas y minerales, etc. Las bebidas fermentadas proporcionan efectos benéficos en la salud para el usuario que las consume; incluyendo efectos reductores de la glucosa en la sangre, efectos antitrombóticos y propiedades antidiarreicas. Estas propiedades se asocian con moléculas nutritivas bioactivas (nutrientes, vitaminas, minerales, fibras, etc.), así como con compuestos químicos no nutritivos (compuestos fenólicos, flavonoides, péptidos bioactivos, etc.) (Valero-Cases *et al.*, 2020).

Las bebidas fermentadas a partir de semillas se han consumido durante miles de años y en la actualidad están recibiendo más atención, principalmente debido a la presencia de compuestos bioactivos y al valor nutricional de las materias primas utilizadas para su producción. Si bien existen bebidas fermentadas a partir de semillas que tienen alta popularidad como el sake y la cerveza, se han reportado estudios donde se elaboran nuevas bebidas y jugos fermentados a base de cereales, legumbres y pseudocereales no convencionales (Grumezescu y Holban, 2019).

Aunque hoy en día se conocen los métodos y materias primas convencionales para la elaboración de ciertas bebidas, estos pueden llegar a modificarse con el fin de obtener nuevas características sensoriales, como diferentes perfiles de aroma y sabor. Recientemente se ha observado una mayor aplicación de semillas, como la quinua, la linaza, el sésamo y el cáñamo, en la elaboración de bebidas fermentadas debido a sus propiedades nutricionales. La adición y uso de estas semillas plantea ser una prometedora fuente para enriquecer el perfil de nutrientes y compuestos bioactivos en las bebidas fermentadas (Adebo, 2020; Bartkiene *et al.*, 2020; Ludena-Urquiza *et al.*, 2017; Narzary *et al.*, 2016; Valero-Cases *et al.*, 2020).

En la presente revisión se abordará el tema de bebidas fermentadas elaboradas a partir de semillas no convencionales (SNC) como la chía, la quinua, el amaranto y cáñamo, con la finalidad de presentar sus características, propiedades y variables de proceso.

1. Fermentación en bebidas alimentarias

La fermentación es un proceso usado para la obtención de productos y bebidas alimentarias. Desde un punto de vista tecnológico en el área de los alimentos, la fermentación es un proceso que involucra la aplicación de microorganismos específicos para transformar la materia orgánica contenida en una matriz alimentaria. Esta transformación de materia deriva en la formación de metabolitos secundarios que pueden ser ácidos orgánicos, alcoholes, dióxido de carbono y/u otros compuestos. Los procesos de fermentación de bebidas se pueden clasificar por los microorganismos involucrados o los metabolitos primarios resultantes. En el caso de microorganismos involucrados, los grupos más comunes en la fermentación de los alimentos son bacterias, levaduras y mohos. Por otra parte, según los metabolitos consecuentes, se clasifican en fermentaciones ácido láctica, alcohólica, ácido acética o mixta (Admassie, 2018; Gastineau, 2013; World Health Organization Food Safety, 1996).

Las principales funciones del proceso de fermentación son la conservación de los alimentos, la mejora del valor nutricional y la mejora de la calidad sensorial. Respecto a la conservación de alimentos, esta se le atribuye a la formación de metabolitos inhibitorios, como ácidos orgánicos (ácido acético, el ácido fórmico y el ácido propiónico), etanol, dióxido de carbono, diacetilo, reutrina, bacteriocinas, entre otros; así como a la eliminación de compuestos tóxicos (Admassie, 2018; Contreras y Del Campo, 2015; Erkmén y Bozoğlu, 2016; World Health Organization Food Safety, 1996).

Por otro lado, la calidad nutricional de los alimentos fermentados se complementa por la presencia de vitaminas, compuestos resultantes de la síntesis anabólica de los propios microorganismos fermentadores. También durante el proceso de fermentación ocurren rupturas de los revestimientos o paredes celulares en la matriz alimentaria, permitiendo la liberación de enzimas. Consecuentemente, la actividad enzimática induce a que estén disponibles nuevas moléculas nutritivas (conversión de fibras solubles a azúcares simples) (Admassie, 2018; Hasan *et al.*, 2014).

Además, el valor nutricional de los alimentos fermentados es comparable a otros alimentos debido a la presencia de probióticos como las bacterias ácido lácticas y bacterias del género *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Saccharomyces*, *Enterococcus*, *Bacillus*, etc. Los probióticos son microorganismos vivos que se encuentran naturalmente en algunos alimentos fermentados

y que cuando se administran en cantidades adecuadas confieren beneficios al consumidor, incluyendo la prevención de infecciones, la reducción de los niveles de colesterol en sangre, la regulación cariogénica en la cavidad bucal, la modulación del sistema inmunario, la modulación de la respuesta inflamatoria a patógenos, la mejora de los procesos de digestión, así como el mantenimiento y equilibrio de la microflora intestinal (FAO *et al.*, 2006; Nissen *et al.*, 2020). Por otra parte, los prebióticos son componentes no vivos y no digeribles de los alimentos que confieren un beneficio en la salud del huésped, asociado con la modulación de la microbiota (Nissen *et al.*, 2020; Tripathi y Giri, 2014).

En el caso particular de la elaboración de bebidas fermentadas, los procesos de fermentación más relevantes son la alcohólica, la ácido láctica y la mixta. La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico en el cual comúnmente intervienen levaduras y/o mohos de los grupos *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces* o *Aspergillus* (figura 1); estos microorganismos transforman los azúcares presentes en algunos alimentos en alcohol, dióxido de carbono y energía. De otro modo, la fermentación ácido

láctica es un proceso anaeróbico en el cual comúnmente intervienen bacterias de los grupos *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* o *Leuconostoc* (figura 2) (Bianchi *et al.*, 2017; Ludena Urquiza *et al.*, 2017). Estos microorganismos son protagonistas cruciales para la conservación y producción de algunas bebidas fermentadas a base de vegetales, plantas y semillas, así como bebidas fermentadas análogas a las bebidas lácteas. No obstante, la mayoría de los procesos de fermentación en alimentos y bebidas corresponden a una fermentación mixta, ya que dependen de la combinación de microorganismos que actúan en conjunto y producen las características deseadas (Admassie, 2018; Contreras y Del Campo, 2015; Grumezescu y Holban, 2019; Steinkraus, 1992; Zhao *et al.*, 2019).

En la actualidad existen diversas bebidas obtenidas a partir de la fermentación, por lo que para esta revisión se presenta una propuesta de clasificación de acuerdo con la matriz alimentaria empleada para el proceso de fermentación, haciendo hincapié en investigaciones recientemente publicadas sobre bebidas fermentadas a base de semillas.

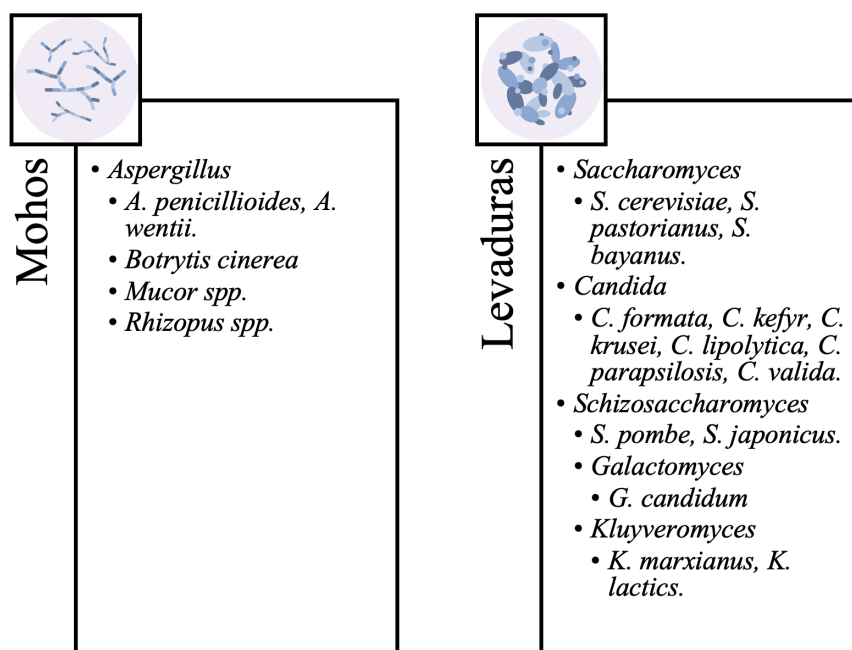


Figura 1.

Principales mohos y levaduras involucradas en la fermentación alcohólica aplicada en bebidas.

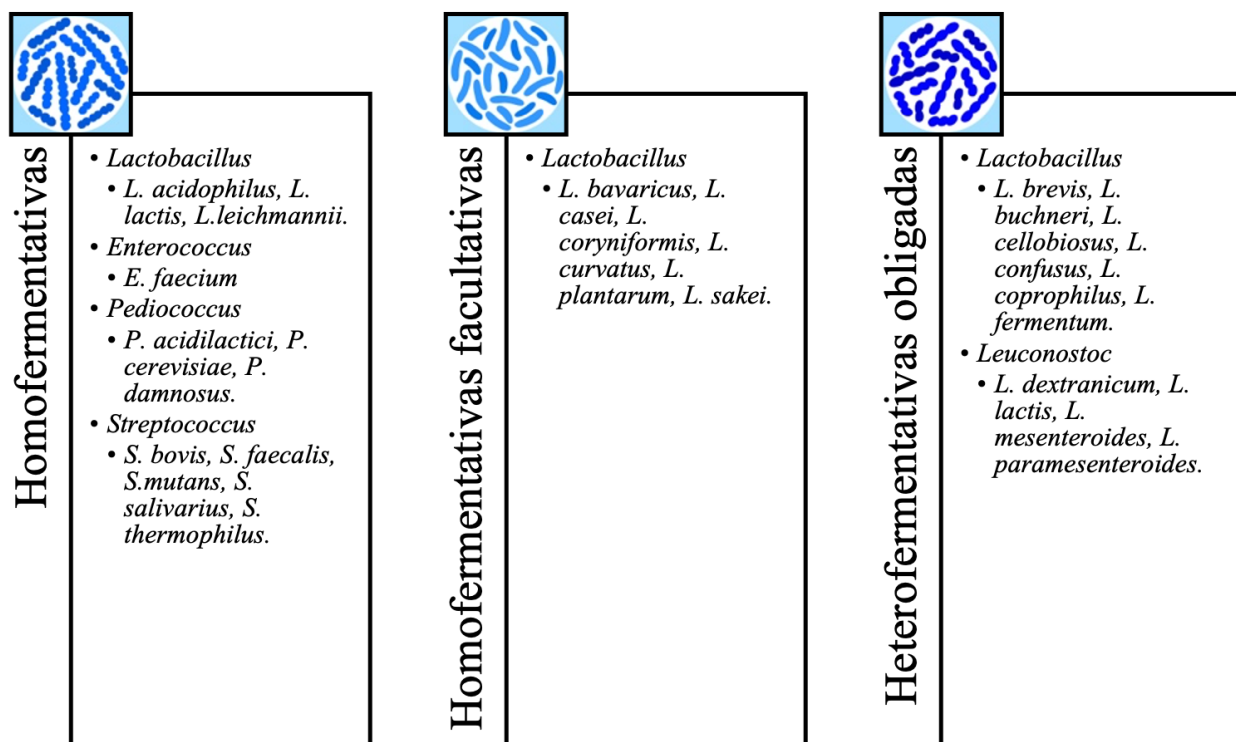


Figura 2.

Principales bacterias involucradas en la fermentación ácido láctica aplicada en bebidas. Adaptada de Hui *et al.* (2004); Ray y Joshi (2014).

1.1. Tipos de semillas utilizadas

Las semillas son una parte importante de los recursos de origen vegetal que se aplican para la elaboración de bebidas y alimentos, debido a su importante contenido nutricional como fuente de carbohidratos, proteínas, fibra, minerales y vitaminas. Las semillas se pueden clasificar comúnmente como cereales, legumbres, frutos secos y especias. Los cereales y las legumbres pertenecen a las familias botánicas *Poaceae* y *Fabaceae*, respectivamente; mientras que las nueces, pseudocereales y otras semillas forman grupos diversos en función de sus características particulares (Deshpande y Nations, 2000; Huq *et al.*, 1988; Lima *et al.*, 2021).

Algunas semillas convencionales como cereales (avena, arroz, maíz, cebada, trigo) y legumbres (soya, frijol, cacahuate, garbanzo) han sido ampliamente estudiadas y constituyen una parte importante de la materia prima para la elaboración de bebidas fermentadas; sin embargo, falta más investigación por hacer respecto a las bebidas fermentadas que se puedan elaborar con semillas pseudocereales tales como la chía, la quinua, el amaranto y el cáñamo. A estas últimas semillas se les referirá como semillas no convencionales (SNC), ya que no suelen ser utilizadas para la elaboración de diferentes tipos de alimentos (Bhardwaj *et al.*, 2020; Huq *et al.*, 1988; Sabikhi y Sathish Kumar, 2012).

En la última década, se ha observado un mayor uso de SNC (chía, cáñamo, sorgo, sésamo, acacia blanca, linaza, amaranto, etc.) en la industria alimenticia, ya que han demostrado brindar macronutrientes y micronutrientes con alto valor nutritivo, así como compuestos bioactivos, como los fenólicos. Así pues, a las SNC se les considera como una parte decisiva del grupo de las semillas para desarrollar productos innovadores con valor agregado, puesto que ofrecen al consumidor beneficios para la salud y/o alternativas nutricionales orientadas a satisfacer distintas preferencias y necesidades (Adebo, 2020; Lopes *et al.*, 2019; Ludena Urquizo *et al.*, 2017; Narzary *et al.*, 2016; Szparaga *et al.*, 2019; Valero-Cases *et al.*, 2020).

1.2. Tipos de fermentación

Los procesos reportados de fermentación (tabla I) que prevalecen para la elaboración de bebidas a partir de semillas convencionales son fermentaciones mixtas (ácido láctica y alcohólica), cuyos

microorganismos son mayormente pertenecientes al género *Lactobacillus* y *Saccharomyces*. En contraste, para la elaboración de bebidas fermentadas con SNC predomina la fermentación ácido láctica, donde intervienen microorganismos del género *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium* y *Streptococcus*. Cabe resaltar que para el caso de fermentaciones mixtas en semillas convencionales y SNC, existe la posibilidad del uso de un consorcio de microorganismos que estratégicamente se seleccionen para realizar actividades más complejas y así obtener una combinación más vasta de características sensoriales en las bebidas. También, en la tabla I se presentan las variables del proceso de fermentación para la elaboración de bebidas, donde es notable que las bebidas elaboradas con SNC pasan por un periodo menor de fermentación de cuatro a 24 horas, a una temperatura promedio de 37 °C, en comparación con las bebidas fermentadas elaboradas con semillas convencionales que requieren de ocho a 36 horas, a una temperatura promedio de 34 °C.

Tabla I. Clasificación de bebidas fermentadas de acuerdo con el tipo de fermentación y tipo de semillas empleadas

Semillas		Tipo de fermentación	Microorganismo involucrado	Variables de fermentación		SMP (Log UFC/mL)	Referencia
Convencionales	Avena (<i>Avena sativa</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus curvatus</i> y <i>Lactobacillus plantarum</i>	T (°C)	30	7 - 8.33	Bernat <i>et al.</i> , 2015; Mamhoud <i>et al.</i> , 2016
				t (h)	12		
	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus fermentum</i> y <i>Lactobacillus plantarum</i>	T (°C)	35 - 37	6.25 - 7.88	Ghosh <i>et al.</i> , 2015; Nissen <i>et al.</i> , 2019; Tripathi y Giri, 2014
				t (h)	36		
	Maíz (<i>Zea mays</i>)	Mixta: ácido láctica y alcohólica	<i>Lactobacillus paracasei</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	T (°C)	30	6 - 7.6	Menezes <i>et al.</i> , 2018
				t (h)	24		
	Soya (<i>Glycine max</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> y <i>Bifidobacterium animalis</i>	T (°C)	37	5 - 7	Cabello-Olmo <i>et al.</i> , 2019; Nagino <i>et al.</i> , 2018
				t (h)	12		

Tabla 1. Clasificación de bebidas fermentadas de acuerdo con el tipo de fermentación y tipo de semillas empleadas (continuación)

Semillas		Tipo de fermentación	Microorganismo involucrado	Variables de fermentación		SMP (Log UFC/mL)	Referencia
Convencionales	Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i>)	Ácido láctica	<i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Lactobacillus lactis</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> y <i>Lactobacillus acidophilus</i>	T (°C)	37	<8	Santos <i>et al.</i> , 2014
				t (h)	8		
No convencionales	Cáñamo (<i>Cannabis sativa ssp. sativa</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus casei subsp. rhamnosus</i> y <i>Bifidobacterium bifidum</i>	T (°C)	37	8.35 - 10.92	Bartkiene <i>et al.</i> , 2020; Nissen <i>et al.</i> , 2019; Szparaga <i>et al.</i> , 2019
				t (h)	6 - 24		
	Chía (<i>Salvia hispanica</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus kéfir</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Bifidobacterium longum</i>	T (°C)	37 - 42	7.5 - 9.5	Bustos <i>et al.</i> , 2017; Kwon <i>et al.</i> , 2019; Montanuci <i>et al.</i> , 2019; Zerbielli, 2014
				t (h)	4		
	Quinoa (<i>Chenopodium quinua</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> y <i>Lactococcus lactis</i>	T (°C)	30 - 42	9 - 10.5	Bianchi <i>et al.</i> , 2017; El-Deeb <i>et al.</i> , 2014; Li <i>et al.</i> , 2018; Ludena-Urquiza <i>et al.</i> , 2017
Mixta: ácido láctica y alcohólica		t (h)		6 - 24			
Amaranto (<i>Amaranthus tricolor</i>)	Ácido láctica	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> y <i>Lactobacillus plantarum</i>	T (°C)	37	7 - 9.81	Adeyanju <i>et al.</i> , 2019; Dabija <i>et al.</i> , 2022; Hernández-García <i>et al.</i> , 2022; Isaac-Bamgboye <i>et al.</i> , 2019	
	Mixta: ácido láctica y alcohólica		t (h)	10 - 12			

Donde T: temperatura, t: tiempo y SMP: supervivencia de microorganismos probióticos.

2. Bebidas fermentadas a partir de semillas no convencionales

En la tabla I se propone una clasificación de bebidas fermentadas elaboradas a partir de semillas convencionales y SNC, donde se resalta el tipo de fermentación y los microorganismos involucrados. Se presenta que, en ambos tipos de semillas, los procesos de fermentación más relevantes son la alcohólica, la ácido láctica y la mixta. Pese a lo anterior, en las siguientes subsecciones se discutirán y compararán sus características, propiedades y variables del proceso con el fin de lograr una mejor distinción entre las bebidas fermentadas elaboradas con semillas convencionales y aquellas elaboradas con SNC.

2.1. Bebidas fermentadas a partir de semillas de cáñamo

Las semillas de cáñamo son frutos de *Cannabis sativa ssp. sativa*, que, en comparación con las extensas aplicaciones del tallo, no se han consolidado como materia prima en la industria. Sin embargo, se ha presentado interés científico atribuido a la reciente evidencia acerca de su prometedora composición nutricional. De una manera general, la composición de las semillas del cáñamo es aproximadamente 36 % de lípidos, 25 % de proteína, 28 % de fibra y 6 % de humedad (Bartkiene *et al.*, 2020; Crescente *et al.*, 2018; Leonard *et al.*, 2020).

La fracción lipídica de las semillas de cáñamo está dominada por ácidos grasos esenciales; ácido linoleico, ácido alfa-linolénico y ácido oleico (Crescente *et al.*, 2018), los cuales se conocen por brindar efectos protectores contra las enfermedades cardiovasculares, la obesidad y la diabetes *mellitus* (Patterson *et al.*, 2012). En comparación con otros aceites vegetales, el aceite de semillas de cáñamo tiene una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados, lo cuales se han relacionado con la reducción de riesgos de enfermedades cardiovasculares, cáncer, artritis reumatoide, hipertensión, enfermedades inflamatorias y autoinmunes (Crescente *et al.*, 2018). Por otra parte, se han identificado en las semillas de cáñamo un total de 181 proteínas, siendo la globulina edestina (67 % a 75 %) y la albúmina globular (25 % a 37 %) las dos principales proteínas de almacenamiento (Bartkiene *et al.*, 2020).

Con respecto a los carbohidratos, la mayoría de ellos son fibras insolubles que residen en la capa externa de las semillas de cáñamo, por lo que durante el descascarillado se eliminan tres cuartas partes de estos (Crescente *et al.*, 2018). De otro modo, las semillas de cáñamo son fuente de minerales, principalmen-

te de potasio, fósforo y magnesio. A su vez, estas son ricas en compuestos fenólicos, ya que se han identificado aproximadamente 500 compuestos que incluyen compuestos bioactivos como ácidos hidroxicinámicos, ácidos hidroxibenzoicos, flavonoides y lignanamidas. Las propiedades antioxidantes de las lignanamidas en las semillas de cáñamo se han documentado en varios estudios y se ha reportado a N-trans-caffeoltiramina y su capacidad de supresión de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad; Cannabisin B y su efecto inhibitorio de la oxidación; así como 3,3' dimetil-heliotropamida y su potente actividad de eliminación de radicales DPPH al 81.5 %, etc. (Ángeles López *et al.*, 2014; Leonard *et al.*, 2020; Martínez *et al.*, 2020; Russo y Reggiani, 2013).

El uso de semillas de cáñamo para la producción de alimentos y bebidas es poco usual debido a su reputación y naturaleza. Actualmente, no es común que se adicionen a bebidas fermentadas, pero existen estudios donde se producen bebidas similares a los sustitutos de bebidas lácteas y se aborda el proceso, características, propiedades nutricionales, funcionales y de calidad sensorial (Bartkiene *et al.*, 2020; Nissen *et al.*, 2019; Szparaga *et al.*, 2019).

En un estudio reportado por Nissen *et al.* (2020), se llevó a cabo la elaboración de bebidas fermentadas a base de semillas de cáñamo (similares a sustitutos de yogur). Para el proceso de fermentación ácido láctica se usaron las bacterias *L. plantarum*, *L. fermentum* y *Bifidobacterium bifidum*. La carga celular de las bacterias inoculadas se estandarizó en 6 Log UFC/mL y la fermentación de las bebidas se realizó durante 24 horas a 37 °C. Los autores reportaron que las formulaciones presentadas de bebidas de semillas de cáñamo mostraron un crecimiento y supervivencia de cepas probióticas y actividad prebiótica posterior al proceso de fermentación, obteniendo los mejores resultados con el uso de bacterias *B. bifidum* y *L. plantarum*, con una mayor actividad probiótica promedio de ambas bacterias de 0.339 Log UFC/mL y una supervivencia probiótica promedio de ambas bacterias de 8.35 Log UFC/mL. Las bebidas control elaboradas a partir de arroz presentaron valores de 0.105 Log UFC/mL de actividad probiótica, y una supervivencia probiótica de 7.17 Log UFC/mL, usando los mismos microorganismos probióticos. Los resultados anteriores se relacionan con el alto contenido de acetato (8.37 mg/kg), propionato (0.68 mg/kg) y butirato (0.81 mg/kg) reportado en las bebidas fermentadas de semillas de cáñamo, corroborados por Bartkiene *et al.* (2020). Estos compuestos bioac-

tivos, además de brindar los beneficios discutidos, contribuyen al crecimiento microbiológico selectivo de probióticos (FAO *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2015).

Por otro lado, se identificaron compuestos terpenos en las bebidas fermentadas de semillas de cáñamo, tales como Δ -3-careno, β -mirceno, β -cariofileno y trans- β -ocimeno, los cuales son característicos y provenientes de las semillas de cáñamo (Martínez *et al.*, 2020). La presencia de estos compuestos demostró tener efectos sinérgicos, antioxidantes y antimicrobianos, así como ser precursores de sabores y aromas característicos para las bebidas fermentadas con semillas de cáñamo (Martínez *et al.*, 2020; Nissen *et al.*, 2019).

De manera similar Szparaga *et al.* (2019) elaboraron una bebida fermentada de semillas de cáñamo para determinar la capacidad de supervivencia de los cultivos de bacterias probióticas. La bebida de semillas de cáñamo estudiada se fermentó usando bacterias *L. casei* subsp. *rhamnosus* a una temperatura de 37 °C durante seis horas. Los autores encontraron que uno de los grandes beneficios del uso de semillas de cáñamo en la elaboración de bebidas fermentadas es el aporte proteico a la bebida (Akin y Ozcan, 2017). Se obtuvo un valor de 6.96 g/100 mL, que sobrepasa el contenido de proteínas en otras bebidas fermentadas con semillas convencionales como avena 0.65 g/100 mL (Bernat *et al.*, 2015) y maíz 3.23 g/100 mL (Valero-Cases *et al.*, 2020). Igualmente, dilucidaron que el proceso de fermentación contribuyó a una mayor capacidad de supervivencia de *L. casei* subsp. *rhamnosus*, debido a que el desarrollo de microorganismos pasó de 8.41 Log UFC/mL a 10.92 Log UFC/mL. También, recientemente, los autores Bartkiene *et al.* (2020) confirmaron lo anterior, puesto que estudiaron el uso de *L. casei* en bebidas fermentadas de semillas de cáñamo y obtuvieron un incremento de supervivencia de probióticos de 8.47 Log UFC/mL a 9.47 Log UFC/mL.

En la tabla I se presenta que las bebidas de semillas de cáñamo fueron elaboradas mediante procesos de fermentación

ácido láctica por medio de *L. casei*, *L. plantarum*, *L. fermentum* y *B. bifidum*. Se observa que esta clase de microorganismos se ha reportado frecuentemente en la elaboración de bebidas con SNC (Bartkiene *et al.*, 2020; Bianchi *et al.*, 2017; Ludena-Urquiza *et al.*, 2017; Szparaga *et al.*, 2019) en comparación con aquellas elaboradas con semillas convencionales (Cabello-Olmo *et al.*, 2019; Nagino *et al.*, 2018). Además, en la tabla I se presenta que la supervivencia de probióticos en las bebidas fermentadas a partir de semillas de cáñamo es mayor (>10 Log UFC/mL) a la supervivencia reportada por bebidas elaboradas con semillas convencionales (5 a 8 Log UFC/mL).

2.2. Bebidas fermentadas a partir de semillas de chía

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta anual de origen mexicano que crece en un área que se extiende desde el oeste de México hasta el norte de Guatemala. Con respecto a su composición, las semillas de chía tienen un alto potencial nutricional puesto que contienen de 16 a 26 % de proteína, 31 a 34 % de lípidos, 37 a 45 % de carbohidratos y 23 a 35 % de fibra dietética. Además, son una fuente de minerales (calcio, potasio, fósforo y magnesio), vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, ácido ascórbico y vitamina A) y compuestos antioxidantes (Valero-Cases *et al.*, 2020).

Las semillas de chía contienen ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido alfa-linolénico ω -3 y el ácido alfa-linolénico ω -6. En comparación con otros aceites vegetales, el aceite de semillas de chía se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. En adición, la mayoría de proteínas presentes son prolaminas (538 g/kg de proteína cruda), seguidas de glutelinas (230 g/kg de proteína cruda), globulinas (70 g/kg de proteína cruda) y albúminas (39 g/kg de proteína cruda) (Kulczyński *et al.*, 2019). Asimismo, las semillas de chía poseen un alto contenido de fibra dietética total (56.46 g/100 g), compuestas principalmente de fibra dietética insoluble (53.45 g/100 g) con una peque-

ña cantidad de fibra dietética soluble (3.01 g/100 g). Finalmente, se han detectado compuestos bioactivos en las semillas de chía como tocoferoles, esteroides (aprox. 50 % β -sitosterol), y compuestos polifenólicos, como ácido protocatecuico, ácido gálico, ácido *p*-cumárico, ácido cafeico, ácido clorogénico, así como epicatequina, quercetina, kaempferol, rutina y apigenina (Din *et al.*, 2021; Kulczyński *et al.*, 2019; Marcinek y Krejpcio, 2017).

Las propiedades nutricionales de las semillas de chía, tales como alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, proteína vegetal, fibra dietética, vitaminas, minerales y sustancias bioactivas dan lugar a numerosos estudios sobre estas semillas con el fin de demostrar sus propiedades, características y aplicaciones en la industria de alimentos. Actualmente, escasean los estudios donde se elaboren bebidas fermentadas no lácteas de semillas de chía; sin embargo, existen diversas investigaciones científicas en las cuales se elaboran otro tipo de bebidas y alimentos fermentados con semillas de chía (Bustos *et al.*, 2017; Kwon *et al.*, 2019; Montanuci *et al.*, 2019; Zambrano Muñoz, 2016; Zerbielli, 2014).

Un estudio realizado por Bustos *et al.* (2017) demostró que las semillas de chía pueden ser fermentadas y posteriormente aplicarse en alimentos. Las semillas de chía fueron fermentadas utilizando la cepa ácido láctica *L. plantarum* a 37 °C durante 24 horas. Los autores encontraron que después de 24 horas de fermentación, la concentración de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante (AA) en las semillas de chía aumentaron pasando de 14.90 GAE mg/g a 20.80 GAE mg/g y 52 % AA a 85.9 % AA, respectivamente. Además, se reportó que la fermentación ácido láctica fomentó la presencia de fracciones de ácidos orgánicos (ácido láctico, acético y feniláctico) de 12.3 g/kg, 1 g/kg y 23.8 μ g/kg, respectivamente. Lo anterior se considera un efecto positivo y deseable ya que estos ácidos son agentes antimicrobianos producidos por algunas cepas de BAL (Gerez *et al.*, 2010). También, los autores observaron un aumento en compuestos bioactivos provenientes de las semillas de chía (ácido cumárico,

benzoico, cafeico, ferúlico, clorogénico y dihidroxibenzoico, kaempferol, galangina y quercetina), así como el desarrollo de otro compuesto bioactivo tras el proceso de fermentación (ácido ferúlico 2.5 mg/g).

Desde otra perspectiva, una investigación realizada por Kwon *et al.* (2019) abordó la adición de extractos de semillas de chía para la producción de bebidas lácteas fermentadas. El extracto de semillas de chía se añadió a leche descremada y se inoculó con *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* y *Bifidobacterium longum*. Posteriormente, se llevó a fermentar la bebida a 42 °C hasta alcanzar un pH de 4.6. Los autores encontraron que la suplementación con esta SNC redujo el tiempo fermentación de seis a cuatro horas y aceleró el crecimiento de las bacterias ácido lácticas en un promedio entre 7 Log UFC/mL y 9.5 Log UFC/mL, en comparación a la bebida láctea sin adición de semillas de chía (<6 Log UFC/mL). Se llegó a la conclusión de que la suplementación de este tipo de bebidas fermentadas con semillas de chía mejora 1.4 % la viabilidad de las bacterias probióticas presentes. Dichas aseveraciones coinciden con lo reportado por otros estudios de bebidas lácteas adicionadas con chía como Montanuci *et al.* (2019), donde obtuvieron un recuento de probióticos *Lactobacillus kéfir* de 8.12 Log UFC/mL y *Bifidobacterium* de 7.92 Log UFC/mL. También Zerbielli (2014) reportó un recuento de probióticos *Lactobacillus acidophilus* 7.35 Log UFC/mL y *Bifidobacterium* de 7.19 Log UFC/mL en su bebida láctea adicionada con chía.

En la tabla I se presenta que estos estudios, donde se implementa el uso de la chía como SNC, aplicaron una fermentación ácido láctica por medio de bacterias del género *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium*. La clase de microorganismos empleados para las bebidas fermentadas de chía concuerda con los microorganismos que se suelen aplicar para la elaboración de bebidas fermentadas con semillas convencionales, como la soya (Cabello-Olmo *et al.*, 2019; Nagino *et al.*, 2018). Asimismo,

en la tabla I se muestra que la supervivencia de probióticos en las bebidas fermentadas a partir de semillas de chía es mayor (7 a 9,5 Log UFC/mL) a la supervivencia reportada por bebidas elaboradas con semillas convencionales como bebidas de arroz, maíz y soya (5 a 8 Log UFC/mL).

2.3. Bebidas fermentadas a partir de semillas de quinua

La quinua (*Chenopodium quinua*, L.) es el pseudocereal más utilizado como materia prima alimenticia y pertenece a la familia *Chenopodiaceae*, nativo de la región andina de América del Sur. Respecto a la composición, el contenido de proteínas de la quinua (13 a 14 %) es poco mayor que el de la mayoría de otras semillas o pseudocereales y su calidad de proteína es comparable con alimentos de origen animal. El contenido de lípidos oscila entre 5 y 9,7 % y el de carbohidratos entre 52 y 69 % (mayormente de almidón). En adición, las semillas de quinua son el único alimento de origen vegetal que tiene todos los aminoácidos esenciales (fenilalanina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, valina; arginina, histidina, cistina y tirosina), así como oligoelementos y vitaminas. Además, las semillas de quinua tienen ácidos grasos de alta calidad ($\omega 6$, $\omega 3$ y $\omega 9$) y altas concentraciones de polifenoles y antioxidantes como α y γ tocoferol, los cuales se han distinguido por su actividad anticancerígena y antiinflamatoria. Por último, estas semillas son una buena fuente de minerales (calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso y zinc) y ácido fólico en cantidades más altas que otras semillas convencionales (Belton y Taylor, 2002; Bianchi *et al.*, 2017; Ludena-Urquiza *et al.*, 2017).

Debido al aporte nutricional de las semillas de quinua y su aplicación a alimentos y bebidas fermentadas, actualmente se han reportado algunas investigaciones con esta SNC que buscan asemejarse a los productos lácteos (Bianchi *et al.*, 2017; El-Deeb *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018; Ludena-Urquiza *et al.*, 2017).

Un estudio realizado por Ludena-Urquiza *et al.* (2017) presentó el uso de dos variedades de quinua como matrices alimenticias adecuadas para el desarrollo de bebidas fermentadas. Para la elaboración de las bebidas fermentadas a base de quinua se

inocularon *L. plantarum*, *L. casei* y *Lactococcus lactis* para un proceso de fermentación ácido láctica durante seis horas a 30 °C. Posterior a un almacenamiento de 21 días a 4 °C, las bebidas fermentadas con semillas de quinua mostraron un incremento de 9 Log UFC/mL a 10,5 Log UFC/mL de probióticos. A su vez, la investigación realizada por Bianchi *et al.* (2016) coincidió en que las bebidas elaboradas con semillas de quinua e inoculadas con *L. casei* presentan una supervivencia de probióticos de 9,02 Log UFC/mL a 10,38 Log UFC/mL.

Además, un artículo publicado por Li *et al.* (2018) mostró el efecto de la adición de semillas de quinua y la fermentación con *L. casei* sobre el contenido de proteína, aminoácidos, tiamina (B1) y riboflavina (B2) en una bebida refrescante. El proceso de fermentación se llevó a cabo por 4 horas a 42 °C. Primeramente, se reportó que la bebida fermentada con semillas de quinua obtuvo un incremento significativo en el contenido de proteínas, pasando de 13,57 g/100 g a 17,24 g/100 g. También se mencionó un incremento de tiamina y riboflavina de 0,3 mg/100 g a 0,42 mg/100 g y de 0,4 a 0,5 mg/100 g, respectivamente. Por otra parte, el proceso de fermentación de la SNC quinua aumentó la actividad antioxidante de 6,46 % a 13,98 % y el contenido fenólico total de 13,85 GAE mg/g a 16,53 GAE mg/g. En cuanto a la composición de aminoácidos, la bebida fermentada de quinua mostró un aumento en aminoácidos esenciales, principalmente leucina, con un incremento de 97,6 % e isoleucina con un incremento del 700 %.

En la tabla I se presenta que las clases de microorganismos empleados (*L. casei*, *L. plantarum* y *L. lactis*) para la elaboración de bebidas fermentadas con semillas de quinua, se han reportado previamente para la elaboración de bebidas fermentadas con semillas convencionales como soya (Cabello-Olmo *et al.*, 2019; Nagino *et al.*, 2018), cacahuete (Wang *et al.*, 2014), avena (Bernat *et al.*, 2015; Johansson *et al.*, 1998; Mamhoud *et al.*, 2016) y bebidas a base de arroz (Ghosh *et al.*, 2015; Tripathi y Giri, 2014). Sin embargo, los estudios revelan que el uso de SNC y la aplicación de dichos microorganismos en bebidas fermentadas brindan mejores características nutricionales como el contenido de

proteínas, vitaminas y compuestos fenólicos. A su vez, se observa que la supervivencia de probióticos en las bebidas fermentadas a partir de semillas de quinua es mayor (9 a 10.5 Log UFC/mL) a la supervivencia reportada por bebidas elaboradas con semillas convencionales (5 a 9 Log UFC/mL).

2.4. Bebidas fermentadas a partir de semillas de amaranto

El amaranto (*Amaranthus tricolor*) es un pseudocereal que se produce principalmente en zonas áridas y semiáridas de África Oriental y América Central como cultivo alternativo para apoyar la producción alimentaria. Esto se debe a que el amaranto es un cultivo con semillas que poseen alta calidad nutricional para la aplicación en alimentos y bebidas. El amaranto, altamente resistente a la sequía, puede producirse en poco tiempo con alto rendimiento y utilizarse como una buena fuente de proteínas y ácidos grasos no saturados (Paredes-Lopez, 2018; Venskutonis y Kraujalis, 2013).

Las semillas de amaranto se componen principalmente de 61.3 a 76.5 % de carbohidratos (mayormente almidón), 13.1 a 21.5 % de proteína cruda, 5.6 a 10.9 % de lípidos, 2.7 a 5 % de fibra cruda y 2.5 a 4.4 % de cenizas (Venskutonis y Kraujalis, 2013). Se ha descrito que el amaranto posee una excelente composición nutricional de mayor contenido proteico y de mejor calidad y contenido de lípidos en comparación con las semillas convencionales. Los lípidos son constituyentes nutritivos muy importantes de las semillas de amaranto, siendo los triacilgliceroles (TAG), fosfolípidos y vitaminas liposolubles (como los tocoferoles) los componentes principales en la fracción lipídica. Los ácidos grasos encontrados en el amaranto han sido el ácido palmítico (19.1 a 23.4 %), ácido oleico (18.7 a 38.9 %) y ácido linoleico (36.7 a 55.9 %). Sin embargo, existen notables distinciones porcentuales debido a la existencia de diferentes especies y cultivares. También, las semillas de amaranto son ricas en lisina, un aminoácido limitante para las semillas, ya que se suele encontrar en bajas concentraciones. La calidad de proteínas de las semillas de amaranto es evidente por su alto índice de aminoácidos esenciales

(90.4 %), lo que permite una comparación con la calidad proteica presente en el huevo. Finalmente, varios componentes menores, como fitoesteroles, ceras y alcoholes terpénicos, se han reportado en diferentes especies de semillas de amaranto (Bressani, 1994; Paredes-Lopez, 2018; Venskutonis y Kraujalis, 2013).

Las semillas de amaranto han sido evaluadas y aplicadas como ingrediente en bebidas y bebidas fermentadas. Los estudios de composición, usos, propiedades y efectos consecuentes del consumo de semillas de amaranto se han expandido rápidamente durante las últimas décadas y se ha publicado mucha información científica y tecnológica nueva. Por otro lado, se han reportado algunos artículos de revisión sobre diferentes aspectos del procesamiento y la utilización de semillas de amaranto en bebidas fermentadas innovadoras como las bebidas probióticas saborizadas variantes al *Kunuis* (Adeyanju *et al.*, 2019; Dabija *et al.*, 2022; Hernández-García *et al.*, 2022; Kockova y Valík, 2014).

Adeyanju *et al.* (2019) aplicaron el uso de semillas de amaranto para la producción de diferentes bebidas fermentadas empleando *L. rhamnosus* con una fermentación ácido láctica durante 18 horas a 37 °C. Los resultados mostraron una supervivencia de microorganismos probióticos de 9.81 Log UFC/mL y después de 21 días de almacenamiento se reportaron niveles de probióticos mayores a 6 Log UFC/mL, por lo tanto, estaría por encima del valor requerido para considerarse una bebida con probióticos (FAO *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2015). Los datos anteriores fueron corroborados por el estudio realizado por Hernández-García *et al.* (2022) donde se usaron bacterias *L. plantarum* y *L. rhamnosus* para fermentar bebidas de amaranto y lograron obtener supervivencia de los microorganismos durante 15 días, siendo los recuentos de los probióticos superiores a 7 Log UFC/mL. Por otra parte, los autores Adeyanju *et al.* (2019) reportaron que el contenido de proteína para la bebida fermentada elaborada con semillas de amaranto fue mayor (14.5 g/100 g) con respecto a lo que reportan Nagino *et al.* (2018) y su bebida fermentada elaborada con semillas de soya (12.3 g/100g). La bebida elaborada con la SNC mostró una mayor bioaccesibilidad de hierro y una equiparable bioaccesibilidad de zinc (0.42 mg/100 g y

0.26 mg/100 g) en comparación con la bebida fermentada de soya (0.35 mg/100 g y 0.28 mg/100 g).

Existe ya una bebida fermentada de semillas de amaranto llamada *Kunuis*. Esta es una bebida popular, indígena, fermentada y no alcohólica a menudo consumida en Nigeria. Tiene un sabor agrídulce, apariencia cremosa y baja viscosidad. Por lo general, se aromatiza con pimienta negra, jengibre o pimienta roja para aumentar el sabor y el aroma, sirve como purgante, remedio contra las flatulencias y se considera un potenciador de la lactancia (Sánchez *et al.*, 2015). *Kunuis* es una bebida relativamente barata y más nutritiva en comparación con las bebidas carbonatadas. El proceso de fermentación (mixta) involucra los microorganismos nativos de las semillas de amaranto (*L. fermentum*, *L. leichmannii*, *B. subtilis*, *S. cerevisiae*) y se aplica durante ocho horas a 26 °C (Efiuvwevwere y Akona, 1995; Isaac-Bamgboye *et al.*, 2019). De igual forma Dabija *et al.* (2022) ilustra en su investigación las formas ya existentes de la aplicación de semillas de amaranto para la elaboración de cerveza fermentada por levaduras de género *Saccharomyces*. Estas bebidas resaltan por el alto contenido de compuestos provenientes de las semillas de amaranto tales como rutina, isoquercetina, nicotiflorina, ácido vanílico, ácido 4-hidroxibenzoico y ácido siríngico; los cuales han sido relacionados con efectos antioxidantes, antidiabéticos, antiinflamatorios, antirreumáticos y analgésicos (Hernández-García *et al.*, 2022; Paredes-Lopez, 2018).

Como se observa en la tabla I, estas bebidas fueron elaboradas mediante el uso de una SNC con un proceso de fermentación ácido láctica, fermentación alcohólica y fermentación mixta. Los microorganismos que llevaron a cabo dicho proceso son principalmente del género *Lactobacillus* y *Saccharomyces*. Estos últimos coinciden con los microorganismos que se suelen aplicar para la elaboración de bebidas fermentadas con semillas no convencionales como bebidas a base de cáñamo (Bartkiene *et al.*, 2020; Nissen *et al.*, 2019; Szparaga *et al.*, 2019) y quinua (Bianchi *et al.*, 2017; El-Deeb *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018; Ludena-Urquiza *et al.*, 2017). Además, en la tabla I se observa que la supervivencia de probióticos en las bebidas fermentadas a partir de semillas de amaranto es comparablemente mayor (7 a 9.81 Log

UFC/mL) a la supervivencia reportada por bebidas elaboradas con semillas convencionales (5 a 9 Log UFC/mL).

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Las semillas convencionales se utilizan para la producción de alimentos y bebidas en todo el mundo y se consideran una de las fuentes más importantes de carbohidratos, proteínas, fibra dietética, minerales y vitaminas en nuestra dieta. Sin embargo, existe la necesidad de explorar matrices alimentarias alternativas y novedosas que sean capaces de ofrecer nuevas características y propiedades a los alimentos. Recientes investigaciones asientan una base útil y sólida del uso de semillas no convencionales como el cáñamo, la chía, la quinua y el amaranto para elaborar bebidas fermentadas. El aprovechamiento de las SNC representa un nicho de oportunidad para el desarrollo de nuevos productos alimenticios que contribuyan al desarrollo de la producción de nuevas e innovadoras bebidas fermentadas con mayor contenido de compuestos nutritivos, probióticos y compuestos bioactivos. No obstante, se necesitan más investigaciones y ensayos clínicos, como los modelos dinámicos *in vitro*, para describir el cambio del crecimiento microbiano, la inhibición de patógenos atribuida y la supervivencia de microorganismos benéficos. Igualmente, ensayos *in vivo* para demostrar que el uso de semillas no convencionales en bebidas fermentadas puede aportar beneficios tras su consumo.

AGRADECIMIENTOS

La autora Reyes-Flores agradece el apoyo recibido por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) —hoy Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)— para la realización de sus estudios de posgrado.

REFERENCIAS

- Adebo, O. A. (2020). African sorghum-based fermented foods: past, current and future prospects. *Nutrients*, 12(4), 1111. <https://doi.org/10.3390/nu12041111>
- Adeyanju, A. A., Kruger, J., Taylor, J. R. N. y Duodu, K. G. (2019). Effects of different souring methods on the protein quality and iron and zinc bioaccessibilities of non-alcoholic beverages from sorghum and amaranth. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 798-809. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13998>
- Admassie, M. (2018). A review on food fermentation and the biotechnology of lactic acid bacteria. *World Journal of Food Science and Technology*, 2, 19. <https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20180201.13>
- Akin, Z. y Ozcan, T. (2017). Functional properties of fermented milk produced with plant proteins. *LWT*, 86, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.025>
- Ángeles-López, G. E., Brindis, F., Cristians-Niizawa, S. y Ventura-Martinez, R. (2014). *Cannabis sativa* L., una planta singular. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45(4), 1-6.
- Bartkiene, E., Zokaityte, E., Lele, V., Sakiene, V., Zavistanaviciute, P., Klupsaite, D., Bendoraitiene, J., Navikaite-Snipaitiene, V. y Ruzauskas, M. (2020). Technology and characterisation of whole hemp seed beverages prepared from ultrasonicated and fermented whole seed paste. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 406-419. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14285>
- Belton, P. S. y Taylor, J. R. N. (2002). *Pseudocereals and Less Common Cereals*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7>
- Bernat, N., Cháfer, M., González-Martínez, C., Rodríguez-García, J. y Chiralt, A. (2015). Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. *Food Science and Technology International = Ciencia y Tecnología de los Alimentos Internacional*, 21(2), 145-157. <https://doi.org/10.1177/1082013213518936>
- Bhardwaj, S., Kapoor, B., K Devi, Y. y Kapoor, D. (2020). Different seeds in food industry: health benefits and industrial applications. *Plant Archives*, 20, 8486-8490.
- Bianchi, F., Rossi, E., Gomes, R. y Sivieri, K. (2017). Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and soy. *Food Science and Technology International*, 21(6), 403-415. <https://doi.org/10.1177/1082013214540672>
- Bressani, R. (1994). Composition and Nutritional Properties of Amaranth. En *Amaranth Biology, Chemistry, and Technology*. CRC Press.
- Bustos, A. Y., Gerez, C. L., Mohtar Mohtar, L. G., Paz Zanini, V. I., Nazareno, M. A., Taranto, M. P. y Iturriaga, L. B. (2017). Lactic acid fermentation improved textural behavior, phenolic compounds and antioxidant activity of Chia (*Salvia hispanica* L.) Dough. *Food Technology and Biotechnology*, 55(3), 381-389. <https://doi.org/10.17113/ftb.55.03.17.5133>
- Cabello-Olmo, M., Oneca, M., Torre, P., Sainz, N., Moreno-Aliaga, M. J., Guruceaga, E., Díaz, J. V., Encio, I. J., Barajas, M. y Araña, M. (2019). A fermented food product containing lactic acid bacteria protects ZDF rats from the development of type 2 Diabetes. *Nutrients*, 11(10), 2530. <https://doi.org/10.3390/nu11102530>
- Contreras, C. y Del Campo, M. (2015). Productos de la fermentación alcohólica; un beneficio para la salud. *Cartagena T.I.Q 660.2 C764 CD-ROM*. <http://biblioteca.digital.usb.edu.co/handle/10819/2613>
- Crescente, G., Piccolella, S., Esposito, A., Scognamiglio, M., Fiorentino, A. y Pacifico, S. (2018). Chemical composition and nutraceutical properties of hempseed: An ancient food with actual functional value. *Phytochemistry Reviews*, 17(4), 733-749. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9556-2>
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetariu, A. y Codină, G. G. (2022). Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants*, 11(6), 756. <https://doi.org/10.3390/plants11060756>
- Deshpande, S. S. y Nations, F. (2000). *Fermented Grain Legumes, Seeds and Nuts: A Global Perspective*. Food & Agriculture Org.
- Din, Z., Alam, M., Ullah, H., Shi, D., Xu, B., Li, H. y Xiao, C. (2021). Nutritional, phytochemical and therapeutic potential of chia seed (*Salvia hispanica* L.). A mini-review. *Food Hydrocolloids for Health*, 1, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2021.100010>
- Efiuwewere, B. J. y Akona, O. (1995). The microbiology of «kunun-zaki», a cereal beverage from northern Nigeria, during the fermentation (production) process. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 11(5), 491-493. <https://doi.org/10.1007/BF00286358>
- El-Deeb, A. M., Hassan, N. S. Y. y Hassanein, A. M. (2014). Preparation and properties of flavored fermented beverage based on partial or complete replacement of milk with Quinoa Seeds Water Extract (QSWE). *International Journal of Dairy Science*, 9(4), 96-105.
- Erkmen, O. y Bozoglu, T. F. (2016). *Food microbiology: Principles into practice*. John Wiley & Sons.
- FAO y Grupo de Trabajo Conjunto FAO/OMS (2006). *Probióticos en los alimentos. Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación*. Roma. FAO/WHO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0512e/a0512e00.pdf>
- Gastineau, C. (2013). *Fermented Food Beverages in Nutrition*. Elsevier.

- Gerez, C. L., Torino, M. I., Obregonzo, M. D. y De Valdez, G. F. (2010). A Ready-to-Use Antifungal Starter Culture Improves the Shelf Life of Packaged Bread. *Journal of Food Protection*, 73(4), 758-762. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.4.758>
- Ghosh, K., Ray, M., Adak, A., Halder, S. K., Das, A., Jana, A., Parua, S., Vágvölgyi, C., Das Mohapatra, P. K., Pati, B. R. y Mondal, K. C. (2015). Role of probiotic *Lactobacillus fermentum* KK11 in the preparation of a rice based fermented beverage. *Bioresource Technology*, 188, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.130>
- Grumezescu, A. M. y Holban, A. M. (2019). *Fermented Beverages: Volume 5. The Science of Beverages*. Woodhead Publishing.
- Hasan, M., Sultan, Z. y Mar-E-Um, M. (2014). Significance of fermented food in nutrition and food science. *Journal of Scientific Research*, 6.
- Hernández-García, Y., Melgar-Lalanne, G., Téllez-Medina, D. I., Ruiz-May, E., Salgado-Cruz, Ma. de la P., Andrade-Velásquez, A., Dorantes-Álvarez, L., López-Hernández, D. y Santiago Gómez, M. P. (2022). Scavenging peptides, antioxidant activity, and hypoglycemic activity of a germinated amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) beverage fermented by *Lactiplantibacillus plantarum*. *Journal of Food Biochemistry*, e14139. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14139>
- Hui, Y. H., Meunier-Goddik, L., Josephsen, J., Nip, W. K. y Stanfield, P. S. (2004). *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*. CRC Press.
- Huq, M. S., Amin, M. R., Dawlatana, M. y Rahim, M. M. (1988). *Introduction of non-conventional oilseeds as sources of edible oil [in Bangladesh]*. 13. Annual Bangladesh Science Conference, Dhaka (Bangladesh), 29-31 May 1988. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122479/records/6471ca0d77fd37171a6f54fb>
- Isaac-Bamgboye, F., Osundahunsi, O. y Edema, M. (2019). *Nutritional Quality, Physicochemical Properties And Sensory Evaluation Of Amaranth-Kunu Produced From Fermented Grain Amaranth (Amaranthus Hybridus)*.
- Johansson, M. L., Nobaek, S., Berggren, A., Nyman, M., Björck, I., Åhrné, S., Jeppsson, B. y Molin, G. (1998). Survival of *Lactobacillus plantarum* DSM 9843 (299v), and effect on the short-chain fatty acid content of faeces after ingestion of a rose-hip drink with fermented oats. *International Journal of Food Microbiology*, 42(1), 29-38.
- Kockova, M. y Valík, L. (2014). Development of new cereal-, pseudocereal-, and cereal-leguminous-based probiotic foods. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(4), 391-397.
- Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D. y Gramza-Michałowska, A. (2019). The chemical composition and nutritional value of chia seeds: current state of knowledge. *Nutrients*, 11(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>
- Kwon, H. C., Bae, H., Seo, H. G. y Han, S. G. (2019). Short communication: Chia seed extract enhances physicochemical and antioxidant properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4870-4876. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16129>
- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D. y Fang, Z. (2020). Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 282-308. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12517>
- Li, S., Chen, C., Ji, Y., Lin, J., Chen, X. y Qi, B. (2018). Improvement of nutritional value, bioactivity and volatile constituents of quinoa seeds by fermentation with *Lactobacillus casei*. *Journal of Cereal Science*, 84, 83-89. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.10.008>
- Lima, J., Inês, M., Pereira, C., Ivanov, M., Soković, M., Steinmacher, N., Ferreira, I. y Barros, L. (2021). Characterization of nonconventional food plants seeds *Guizotia Abyssinica* (L. f.) Cass., *Panicum Miliaceum* L., and *Phalaris Canariensis* L. for Application in the bakery industry. *Agronomy*, 11, 1873. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091873>
- Lopes, A. C. A., Eda, S. H., Andrade, R. P., Amorim, J. C. y Duarte, W. F. (2019). New alcoholic fermented beverages: potentials and challenges. En *Fermented Beverages* (pp. 577-603). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815271-3.00014-2>
- Ludena-Urquiza, F. E., García-Torres, S. M., Tolonen, T., Jaakkola, M., Pena-Niebuhr, M. G., Von Wright, A., Repo-Carrasco-Valencia, R., Korhonen, H. y Plumed-Ferrer, C. (2017). Development of a fermented quinoa-based beverage. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 602-608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>
- Mamhoud, A., Nionelli, L., Bouzaine, T., Hamdi, M., Gobbetti, M. y Rizzello, C. G. (2016). Selection of lactic acid bacteria isolated from Tunisian cereals and exploitation of the use as starters for sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 225, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.03.004>
- Marcinek, K. y Krejpcio, Z. (2017). Chia seeds (*Salvia hispanica*): Health promoting properties and therapeutic applications - a review. *Roczniki Panstwowejo Zakladu Higieny*, 68, 123-129.
- Martinez, J. R., De la Paz, S. M., Puerta, R. D. la, García-Giménez, M. D. y Fernández-Arche, M. Á. (2020). Characterization of bioactive compounds in defatted hempseed (*Cannabis sativa* L.) by UHPLC-HRMS/MS and anti-inflammatory activity in primary human monocytes. *Food & Function*, 11(5), 4057-4066. <https://doi.org/10.1039/D0FO00066C>

- Menezes, A. G. T., Ramos, C. L., Dias, D. R. y Schwan, R. F. (2018). Combination of probiotic yeast and lactic acid bacteria as starter culture to produce maize-based beverages. *Food Research International*, 111, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.065>
- Montanuci, F., Pereira, S. y Pinzon, C. (2019). *Development of a Kefir added with chia and evaluation of its physical, chemical and sensory characteristics*. 20(1).
- Nagino, T., Kaga, C., Kano, M., Masuoka, N., Anbe, M., Moriyama, K., Maruyama, K., Nakamura, S., Shida, K. y Miyazaki, K. (2018). Effects of fermented soymilk with *Lactobacillus casei Shirota* on skin condition and the gut microbiota: A randomised clinical pilot trial. *Beneficial Microbes*, 9(2), 209-218. <https://doi.org/10.3920/BM2017.0091>
- Narzary, Y., Brahma, J., Brahma, C. y Das, S. (2016). A study on indigenous fermented foods and beverages of Kokrajhar, Assam, India. *Journal of Ethnic Foods*, 3(4), 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2016.11.010>
- Nissen, Demircan, Taneyo-Saa y Gianotti. (2019). Shift of aromatic profile in probiotic hemp drink formulations: a metabolomic approach. *Microorganisms*, 7(11), 509. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110509>
- Nissen, L., di Carlo, E. y Gianotti, A. (2020). Prebiotic potential of hemp blended drinks fermented by probiotics. *Food Research International*, 131, 109029. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109029>
- Paredes-Lopez, O. (2018). *Amaranth Biology, Chemistry, and Technology*. CRC Press.
- Patterson, E., Wall, R., Fitzgerald, G. F., Ross, R. P. y Stanton, C. (2012). Health implications of high dietary Omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2012, e539426. <https://doi.org/10.1155/2012/539426>
- Ray, R. C. y Joshi, V. K. (2014). Fermented foods: past, present and future. En *Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods*. CRC Press.
- Russo, R. y Reggiani, R. (2013). Variability in Antinutritional Compounds in Hempseed Meal of Italian and French Varieties. *Plant*, 1, 25-29. <https://doi.org/10.11648/j.plant.20130102.13>
- Sabikhi, L. y Sathish Kumar, M. H. (2012). Fatty acid profile of unconventional oilseeds. *Advances in Food and Nutrition Research*, 67, 141-184. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394598-3.00004-6>
- Sánchez, M. T., Ruiz, M. A. y Morales, M. E. (2015). Microorganismos probióticos y salud. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 56(1), 45-59. <https://doi.org/10.4321/S2340-98942015000100007>
- Santos, C. C. A. do A., Libeck, B. da S. y Schwan, R. F. (2014). Co-culture fermentation of peanut-soy milk for the development of a novel functional beverage. *International Journal of Food Microbiology*, 186, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.06.011>
- Steinkraus, K. (1992). Lactic acid fermentations. En *Applications of Biotechnology to Fermented Foods: Report of an Ad Hoc Panel of the Board on Science and Technology for International Development*. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234703/>
- Szparaga, A., Tabor, S., Kocira, S., Czerwińska, E., Kuboń, M., Płóciennik, B. y Findura, P. (2019). Survivability of Probiotic bacteria in model systems of non-fermented and fermented coconut and hemp milks. *Sustainability*, 11(21), 6093. <https://doi.org/10.3390/su11216093>
- Tripathi, M. K. y Giri, S. K. (2014). Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225-241. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.030>
- Valero-Cases, E., Cerdá-Bernad, D., Pastor, J. J. y Frutos, M. J. (2020). Non-dairy fermented beverages as potential carriers to ensure probiotics, prebiotics, and bioactive compounds arrival to the gut and their health benefits. *Nutrients*, 12(6), 1666. <https://doi.org/10.3390/nu12061666>
- Venskutonis, P. R. y Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 381-412. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>
- Wang, Y. H., Upadhyaya, H. D. y Kole, C. (2014). *Genetics, genomics and breeding of sorghum*. CRC Press.
- World Health Organization Food Safety. (1996). *Fermentation: Assessment and research*. Report of a Joint FAO/WHO. 11-15. Diciembre de 1995 (WHO/FNU/FOS/96.1). World Health Organization y Department of Health, Republic of South Africa. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/63158>
- Zambrano-Muñoz, Y. D. (2016). *Evaluación de una bebida «Yogurt» a base de (Salvia hispanica L., Phalaris canariensis L.), hortalizas (Medicago sativa L., Nasturtium officinale R.), diferentes edulcorantes, y su efecto en el contenido proteico*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1826>
- Zerbielli, K. M. (2014). *Bebida láctea fermentada com cultura probiótica adicionada de semente de chia (Salvia hispanica L.)*. <http://repositorio.ufpr.edu.br/8080/jspui/handle/1/1060>
- Zhao, M., Zhang, F., Zhang, L., Liu, B. y Meng, X. (2019). Mixed fermentation of jujube juice (*Ziziphus jujuba Mill.*) with *L. rhamnosus* GG and *L. plantarum*-1: Effects on the quality and stability. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(8), 2624-2631. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14174>