

AGUAMIEL Y PULQUE: MÁS QUE BEBIDAS TRADICIONALES

AGUAMIEL AND PULQUE: MORE THAN TRADITIONAL BEVERAGES

Juan Manuel Vera Morales¹
Marcela Vargas Hernández¹
Andrés Dector Espinoza²
Diana María Amaya Cruz^{1*}

¹Universidad Autónoma de Querétaro, México.

²CONAHCYT-Universidad Tecnológica de San Juan del Río, México.

*diana.amaya@uaq.mx

Abstract

Pulque is the most important traditional fermented beverage in the central part of the country; and along with agave sap, it is part of Mexico's gastronomic, cultural and religious heritage, due to everything that surrounds its planting, harvesting, collection, fermentation and consumption. In recent years, consumption of these beverages has declined dramatically; however, buyers show a clear interest in traditional fermented beverages such as tepache, pulque and tejuino, due to market trends and their known health benefits. Some of these properties have already been documented, but there are others where quality scientific evidence needs to be generated, as there are numerous beliefs surrounding their consumption. These features represent a light of hope for the rescue of these beverages, which are already recognized as functional because they have well-studied nutritional characteristics and potential as a source of prebiotics and probiotics

Resumen

El pulque es la bebida tradicional fermentada más importante en la zona central del país. Junto con el aguamiel, esta bebida parte de la herencia no solo gastronómica, sino también cultural y religiosa de México, debido al simbolismo que rodea su siembra, cosecha, fermentación y consumo. En los últimos años, el consumo de estas bebidas ha disminuido de manera drástica; sin embargo, los compradores muestran un claro interés en las preparaciones fermentadas tales como el tepache, pulque y tejuino, debido a las tendencias del mercado y a los beneficios conocidos para la salud. Algunas de estas propiedades ya han sido documentadas, pero hay otras en las que es necesario generar evidencias científicas de calidad, pues existen numerosas creencias alrededor de su ingesta. Estos rasgos representan una luz de esperanza para el rescate de dichas bebidas, que incluso ya son reconocidas como funcionales al tener características nutricionales bien estudiadas y potencial como fuente de prebióticos y probióticos que pueden modular la microbiota intestinal de quien las consume. En el presente trabajo se revisaron algunas generalidades, los efectos prebióticos, probióticos y las perspectivas de uso del pulque y el aguamiel.

Palabras clave: aguamiel, bebida funcional, fermentación, prebiótico, probiótico, pulque.



that can modulate the intestinal microbiota of those who consume them. In this work, some generalities, prebiotic and probiotic effects and the perspectives of use of pulque and agave sap were reviewed.

Keywords: pulque, agave sap, fermentation, probiotic, prebiotic, functional beverage.

Introducción

El aguamiel o jugo de agave es una bebida prehispánica no destilada que se obtiene de la savia del maguey pulquero (*Agave mapisaga*, *A. salmiana*, *A. durangensis*, *A. ferox*, *A. atrovirens*, *A. americana*). Dicha planta crece en las zonas semidesérticas de México, incluyendo el estado de Querétaro, donde el número de hectáreas sembradas va en constante crecimiento. A nivel sensorial, el aguamiel se caracteriza por su color amarillento traslúcido, olor herbáceo y sabor dulce, además de su textura viscosa debida a la presencia de polímeros levan y dextranos engendrados por *Leuconostoc mesenteroides* [1, 2]. La producción de aguamiel se da durante 3 a 6 meses de manera continua en magueyes maduros (8 a 10 años). De cada uno se puede obtener normalmente de 270 a 900 l de aguamiel (hasta 1500 litros en casos excepcionales), pero el volumen varía según la etapa de producción, esto es: día 1: 0.4 l, días 2-58: 4-6 l, tiempo restante 0.4 l/día.

En particular, en la especie *Agave mapisaga* se ha reportado que la composición del aguamiel no varía de manera significativa durante los meses de colecta en términos de acidez titulable, pH, porcentaje de materia seca y proteína [3]. El aguamiel contiene 11.5 % de materia seca, de la cual el 75 % corresponde a azúcares; de ellos, el 65 % se compone de glucosa, fructosa y sacarosa, y el 10 % de fructooligosacáridos (FOS). Además, contiene gomas, compuestos fenólicos, 3 % de proteínas y 3 % de minerales, entre los que destacan el potasio, calcio, sodio, hierro, cobre, magnesio, selenio y zinc; el resto lo componen vitaminas hidrosolubles (B y C) y 0.3 % de aminoácidos, principalmente esenciales y neurotransmisores [3, 4].



En este trabajo se revisaron generalidades, efectos prebióticos, probióticos y las perspectivas de uso del pulque y aguamiel.

En esencia, son bebidas funcionales al tener características nutricionales bien estudiadas y fungen como fuente potencial de prebióticos y probióticos que pueden modular la microbiota intestinal de quien las consume.

El aguamiel se puede consumir en fresco, concentrado o fermentado; la fermentación natural espontánea del aguamiel, que ocurre usualmente en condiciones no asépticas, da como resultado el pulque. Se trata de una bebida alcohólica tradicional mexicana con 3 a 5 % de alcohol, un contenido

de sólidos solubles de 7 a 8 °Brix, pH de 3 a 4 y viscosidad entre 1.4 y 1.6 cP [5]. El pulque se puede ingerir en su forma natural o curado, es decir, mezclado con productos como fruta macerada, vegetales, nueces y especias, que le aportan características sensoriales adicionales [6]. La fermentación se da gracias a la gran cantidad de azúcares fermentables y a los microorganismos presentes en el aguamiel, así como a los incorporados durante la colecta, transporte, inoculación y manipulación [3]. El tiempo del proceso varía desde unas 3 horas hasta toda la noche, dependiendo de la calidad del aguamiel, la madurez de la semilla, la región y la temporada de producción. Para determinar si se trata de un pulque fresco o maduro, es decir, precisar el grado de fermentación, se adopta como criterio el desarrollo de la viscosidad gracias a la síntesis de exopolisacáridos (EPS) [7].

La elaboración se da en cuatro etapas que hacen del pulque una bebida ácida y viscosa [6]:

- Fermentación ácida, originada por bacterias homo y heterofermentativas productoras de ácido, como *Lactobacillus* sp. y *Leuconostoc* sp.
- Fermentación alcohólica, resultado del metabolismo de microorganismos generadores de alcohol, como *S. cerevisiae* y *Z. mobilis*.
- Producción de exopolisacáridos (EPS), tales como dextranos y fructanos originados por *Leuconostoc* sp. y *Z. mobilis*.
- Fermentación producida por bacterias del ácido acético como *Acetobacter* y *Gluconobacter*.

Dentro de las especies involucradas en el proceso de fermentación del pulque se han identificado hongos y levaduras como *Rhodotorula*, *Mycoderma*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces*, *Hansenula*, *Pichia* y *Candida*; a la vez que bacterias como *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Diplobacter*, *Bacillus* y *Zymomonas* [8]. La presencia o ausencia de estos microorganismos depende de la semilla de pulque y



las condiciones de manipulación, al igual que de factores edafoclimáticos como la humedad, la temperatura y el suelo [1]. Por otro lado, especies de levaduras *Saccharomyces* y no-*Saccharomyces* se han identificado como claves en el proceso de producción no sólo de etanol, sino de aminoácidos, vitaminas y compuestos volátiles fundamentales para las características sensoriales del pulque.

El consumo de pulque en 1896 alcanzaba los 364 800 l; en 1923, 375 000 l; sin embargo, en la actualidad estas cifras han disminuido drásticamente hasta los 3 000 l [9]. Semejante caída se debe al creciente consumo de cerveza, al bajo precio de venta del pulque que genera poco beneficio al productor y a que el aguamiel o los cultivos de maguey se han empleado para otros fines; por ejemplo, la elaboración de jarabes de alta fructosa, β -glucanos, dextranos, la entomocultura, la extracción de fibra de ixtle y los biocombustibles [10]. Empero, en estados como Querétaro se está buscando incentivar el cultivo del maguey pulquero, y la producción de aguamiel ha aumentado de 30 000 a 100 000 litros por año; al mismo tiempo, se pretende diseñar rutas cuya finalidad sea estimular el turismo a través de las etapas de producción de esta bebida como una forma de generar valor agregado.

Efecto prebiótico del aguamiel y el pulque

Dentro de las propiedades funcionales del aguamiel y el pulque destaca su efecto prebiótico debido al alto contenido de fructooligosacáridos (FOS). Dichos compuestos se constituyen de 3 a 10 unidades de monómeros de fructosa unidos por enlaces β -2,1 o β -2,6 a una glucosa. Si los FOS tienen más de 10 unidades, estos polisacáridos pertenecen al grupo de los fructanos, y pueden ser inulina, si la estructura del fructano tiene enlaces β -2,1; levan si tiene enlaces β -2,6, y agavina si posee ambos enlaces [11]. Se ha demostrado el efecto prebiótico de los FOS del agave, pues promueven el crecimiento *in vitro* de cepas probióticas como *L. acidophilus*, *B. lactis*, *B. infantis*, *B. animals* y *B. adolescents* [6].

El aguamiel de *Agave salmiana* se ha usado como sustrato para la producción de FOS por parte de tres cepas de hongos: *Aspergillus niger* GH1, *Aspergillus niger* PSH y *Aspergillus oryzae* DIA-MF. Los FOS pueden ser producidos por enzimas que actúan sobre la sacarosa o la inulina, transfructosilando o hidrolizando estos materiales, respectivamente. Las dos cepas empleadas de *A. niger* solo presentaron actividad hidrolítica sobre la sacarosa del



aguamiel; sin embargo, *A. oryzae* DIA-MF tuvo una productividad de 0.84 g FOS/l*h, generando como productos 1-kestosa > 1-nistosa > 1-fructofuranosilnristosa. Por lo tanto, dado su bajo costo, el aguamiel resulta ser un propicio medio de cultivo alternativo para la generación de FOS [12].

Con relación al pulque, existen investigaciones que reportan la presencia de exopolisacáridos (EPS). Estos biopolímeros de carbohidratos de cadena larga y alto peso molecular se conforman por unidades repetitivas ramificadas de glucosa, azúcares sustituidos, galactosa y ramnosa, o derivados de azúcares, unidas a través de enlaces glucosídicos [13]. Los EPS son estables en el entorno gastrointestinal del huésped y su metabolismo produce ácidos grasos de cadena corta beneficiosos para su salud. Según su composición, los EPS se pueden clasificar como homopolisacáridos y heteropolisacáridos. Estos últimos son producidos en su mayoría por bacterias ácido-lácticas mesófilas y termófilas, que los secretan al exterior de la célula, con 3 a 8 monómeros desiguales de longitud. La secreción de los EPS contribuye a las propiedades organolépticas (viscosidad y percepción bucal), tecnológicas (estabilidad) y al efecto biológico del pulque [1].

Dentro de los microorganismos que se han identificado en el pulque y que a su vez se han reportado como productores de EPS están *B. subtilis*, productor de levan; *L. plantarum*, productor de un compuesto de xilosa, glucosa y galactosa; y otro conformado por arabinosa, ramnosa, fucosa, xilosa, manosa, fructosa, galactosa y glucosa; de igual modo, *L. caseii*, que produce un heteropolisacárido conformado de glucosa y ramnosa; y *L. citreum*, productor de un dextrano conformado por D-glucopiranosas [14,15]. Como parte de los efectos reportados de los EPS destacan sus propiedades antioxidantes, antibacteriales, anticoagulantes, fibrinolíticas y, a nivel tecnológico, espesantes, gelificantes y estabilizantes [1].

Efecto probiótico del aguamiel y el pulque

Los probióticos son microorganismos que, administrados en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped, restaurando la composición y función de la microbiota intestinal con la finalidad de prevenir y contribuir a la disminución de los trastornos gastrointestinales. Se reconoce la actividad probiótica del aguamiel gracias a la presencia de bacterias nativas, especialmente las ácidos lácticas como *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus paracasei*,



Leuconostoc mesenteroides; además de otras bacterias y levaduras como *Zygomonas mobilis*, *Kluyveromyces marxianus* y *Saccharomyces cerevisiae* [2].

Al aislar e identificar, mediante la secuenciación del gen *ARNr 16S*, bacterias ácido lácticas del aguamiel y pulque, investigadores identificaron 2 cepas en el primero y 8 en el último, todas ellas grampositivas y catalasa negativas de los géneros *Lactobacillus* y *Pediococcus*, respectivamente. Al evaluar su supervivencia en condiciones simuladas del tracto gastrointestinal, obtuvieron un porcentaje de supervivencia del 47.8 al 89.2 %. Asimismo, es deseable que como probióticos sean capaces de producir sustancias antimicrobianas, por lo que se determinó su efecto inhibitorio sobre *S. aureus*, *E. coli* y *H. pylori*. El 60 % de los aislados mostró inhibición sobre los dos primeros y el 100 % sobre el tercero. Este efecto antimicrobiano se da gracias a la producción de catabolitos de azúcar, metabolitos de grasas y aminoácidos, oxígeno y bacteriocinas [8].

Por otra parte, investigadores aislaron y caracterizaron 14 cepas de microorganismos en pulques de 3 regiones de México; en cada una, el grupo y la variedad de microorganismos fue diferente, pero la mayoría de las cepas presentaron una alta resistencia a la lisozima. Con la finalidad de simular el paso por el estómago, todas las cepas fueron evaluadas en un modelo murino de colitis donde *L. plantarum* LBH1064, *L. sanfranciscensis* LBH1068 y *L. composti* LBH1072 disminuyeron la hiperpermeabilidad intestinal y la secreción de citocinas involucradas en la enfermedad inflamatoria intestinal, lo que muestra su potencial probiótico [16].

El efecto probiótico no solo se ha reportado en estudios *in vitro* e *in vivo*, sino también en estudios de intervención. Es así como Márquez Morales y col. [17] evaluaron en estudiantes universitarios el consumo diario durante 8 semanas de 100 ml de una bebida de aguamiel fermentada con bacterias ácido lácticas: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei* y *Lactobacillus brevis* (3×10^8 UFC/ml). La ingesta de la bebida redujo significativamente ($p = 0.001$) el estrés académico y moduló la microbiota intestinal al aumentar en gran medida los filos Firmicutes y Bacteroidetes [17].

Perspectivas de uso

Es clave identificar la opinión de los consumidores a la hora de establecer perspectivas de uso para un producto alimentario. Al consultarlos acerca de su percepción sobre el pulque, mencionaron que está determinada por



tres puntos: primero, consideran que se trata de una bebida tradicional mexicana, por eso las pulquerías son percibidas como lugares de historia y tradición; segundo, sin embargo, esos mismos lugares sufren de una reputación desfavorable como sucios y peligrosos; por último, a los consumidores les gusta el color y sabor del pulque, pero no sucede lo mismo con el olor y la textura, los atributos menos valorados y los que pueden mermar su consumo [18].

La edad y la escolaridad también influyen en cómo los consumidores perciben el pulque. En consecuencia, se han identificado tres grupos:

- Con un nivel alto de escolaridad y con edades entre 18 y 25 años tienen una preconcepción de las pulquerías como lugares poco higiénicos, pero una opinión positiva de las características sensoriales del pulque.
- Con un nivel medio de escolaridad y con edades entre 18 y 25 años, desconocen los beneficios derivados del consumo del pulque, pero tienen una buena percepción de las pulquerías y del aspecto tradicional del mismo.
- Entre 48 y 70 años, en su mayoría son personas con bajo nivel de escolaridad, no tienen un mal concepto de las pulquerías y reconocen al pulque como una bebida funcional y tradicional [18].

Por lo tanto, se podrían desarrollar productos a base de pulque para la población con un nivel alto de escolaridad. Tal estrato se encuentra informado e interesado en las características funcionales y, probablemente, está revalorizando los alimentos tradicionales.

Uno de los desafíos al diseñar nuevos productos basados en pulque o aguamiel es que se trata de bebidas muy perecederas, en consecuencia, urge implementar tecnologías que aumenten su vida de anaquel; así se optimizarían aspectos de logística como la comercialización y distribución. Por ejemplo, investigadores desarrollaron pulque curado de tuna roja y emplearon calentamiento óhmico y pasteurización convencional, con la finalidad de incrementar la vida de anaquel, que es menor a 4 días en refrigeración. A través de estas tecnologías, su vida útil se prolongó hasta 12 días; al usar el calentamiento óhmico (60 °C por 8 y 10 min) hubo mejor retención de la calidad sensorial y propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix y contenido de



alcohol), mayor contenido de microorganismos (*Lactobacillus* sp.), betalainas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante frente a la pasteurización convencional (63 °C por 30 min) [19].

Los productos que se desarrollen con aguamiel, pulque o maguey representarán una alternativa de uso como pre y probióticos, que será valiosa, por ejemplo, para satisfacer la demanda de este tipo de alimentos por parte de consumidores veganos, vegetarianos o que por alguna condición deben evitar los productos lácteos. Consecuentemente, se pueden diseñar alimentos o bebidas que brinden nuevas experiencias y les den un valor agregado a estos productos tradicionales que son parte de la gastronomía mexicana.

Conclusiones

El aguamiel y el pulque son bebidas con gran tradición e historia en México. No obstante, en años recientes su consumo ha disminuido de manera drástica, por lo que es importante diseñar nuevos productos aprovechando sus propiedades como prebióticos y probióticos, y usando tecnologías emergentes para incrementar su vida de anaquel, que es uno de los factores limitantes en su comercialización y venta. Además, el pulque, al ser una bebida fermentada, su contenido de alcohol restringe su promoción y consumo. Sin embargo, hay una gran área de oportunidad en investigación para identificar, aislar y evaluar el efecto probiótico de los microorganismos responsables de la fermentación del aguamiel, ya que este proceso se ve modulado por diversos factores. Con relación a la comercialización de los productos derivados del aguamiel, hay un gran campo por explorar. Por ejemplo, debido a que los consumidores perciben a las pulquerías como lugares poco higiénicos, un área de oportunidad para trabajar es la reforma de los espacios para la compra y el consumo del pulque, conservando sus raíces y explorando otros puntos de venta. Sin duda el aguamiel y el pulque tienen aún mucho potencial por explotar.

Fuentes de financiamiento

Este trabajo fue solventado por la convocatoria "Investigación vinculada a la atención de problemas nacionales 2021" de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro.





Referencias

- [1] M. L. Cázares Vásquez *et al.*, "Microbial exopolysaccharides in traditional mexican fermented beverages", *Fermentation*, vol. 7, no. 4. 2021, DOI: 10.3390/fermentation7040249
- [2] S. L. Villarreal Morales *et al.*, "7 - Aguamiel a fresh beverage from agave spp. sap with functional properties", en *Natural Beverages* A. M. Grumezescu and A. M. B. T. N. B. Holban, Eds. Estados Unidos: Academic Press, 2019, pp. 179–208.
- [3] R. I. Ortiz-Basurto, G. Pourcelly, T. Doco, P. Williams, M. Dornier y M. P. Belleville, "Analysis of the Main Components of the Aguamiel Produced by the Maguey-Pulquero (*Agave mapisaga*) throughout the Harvest Period", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 56, no. 10, pp. 3682–3687, May 2008, DOI: 10.1021/jf072767h
- [4] M. R. Romero López, P. Osorio Díaz, A. Flores Morales, R. Mora Escobedo y N. Robledo, "Chemical composition, antioxidant capacity and prebiotic effect of aguamiel (*Agave atrovirens*) during *in vitro* fermentation", *Rev. Mex. Ing. Química*, vol. 14, no. 2, pp. 281–292, 2015.
- [5] G. D. Álvarez Ríos, C. J. Figueredo Urbina y A. Casas, "Physical, chemical, and microbiological characteristics of pulque: management of a fermented beverage in Michoacán, Mexico", *Foods*, vol. 9, no. 3. 2020, DOI: 10.3390/foods9030361
- [6] A. Escalante, D. R. López Soto, J. E. Velázquez Gutiérrez, M. Giles Gómez, F. Bolívar y A. López Munguía, "Pulque, a traditional mexican alcoholic fermented beverage: historical, microbiological, and technical aspects", *Front. Microbiol.*, vol. 7, 2016, DOI: 10.3389/fmicb.2016.01026
- [7] A. Escalante, M. Elena Rodríguez, A. Martínez, A. López Munguía, F. Bolívar y G. Gosset, "Characterization of bacterial diversity in Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage, as determined by 16S rDNA analysis", *FEMS Microbiol. Lett.*, vol. 235, no. 2, pp. 273–279, Jun. 2004, DOI: 10.1111/j.1574-6968.2004.tb09599.x
- [8] A. Cervantes Elizarrarás *et al.*, "In vitro probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from aguamiel and pulque and antibacterial activity against pathogens", *Applied Sciences*, vol. 9, no. 3. 2019, DOI: 10.3390/app9030601



- [9] G. D. Álvarez Ríos, A. Casas, L. Pérez Volkow, C. J. Figuereido Urbina, J. de Dios Páramo Gómez y M. Vallejo, "Pulque and pulquerías of Mexico City: a traditional fermented beverage and spaces of biocultural conservation", *J. Ethn. Foods*, vol. 9, no. 1, p. 40, 2022, DOI: 10.1186/s42779-022-00155-2
- [10] D. Muñoz Márquez, R. Rodríguez Jasso, R. Rodríguez Herrera, J. Contreras Esquivel y C. Aguilar González, "Producción artesanal del aguamiel: una bebida tradicional mexicana", *Rev. Científica la Univ. Autónoma Coahuila*, vol. 5, no. 10, pp. 12–19, 2013.
- [11] C. O. Carranza, A. Á. Fernández, G. R. Bustillo Armendáriz y A. López Munguía, "Chapter 15 - Processing of fructans and oligosaccharides from Agave plants", en *Processing and Impact on Active Components in Food*, F. Preedy, San Diego: Academic Press, 2015, pp. 121–129.
- [12] D. B. Muñoz Márquez, J. A. Teixeira, S. I. Mussatto, J. C. Contreras Esquivel, R. Rodríguez Herrera y C. N. Aguilar, "Fructo-oligosaccharides (FOS) production by fungal submerged culture using aguamiel as a low-cost by-product", *LWT*, vol. 102, pp. 75–79, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.020>
- [13] G. J. Gerwig, "Structural Analysis of Exopolysaccharides from Lactic Acid Bacteria.", *Methods Mol. Biol.*, vol. 1887, pp. 67–84, 2019, DOI: 10.1007/978-1-4939-8907-2_7
- [14] W. H. Min, X. B. Fang, T. Wu, L. Fang, C. L. Liu y J. Wang, "Characterization and antioxidant activity of an acidic exopolysaccharide from *Lactobacillus plantarum* JLAU103.", *J. Biosci. Bioeng.*, vol. 127, no. 6, pp. 758–766, Jun. 2019, DOI: 10.1016/j.jbiosc.2018.12.004
- [15] N. H. Maina, M. Tenkanen, H. Maaheimo, R. Juvonen y L. Virkki, "NMR spectroscopic analysis of exopolysaccharides produced by *Leuconostoc citreum* and *Weissella confusa*", *Carbohydr. Res.*, vol. 343, no. 9, pp. 1446–1455, Jul. 2008, DOI: 10.1016/j.carres.2008.04.012
- [16] E. Torres Maravilla et al., "Identification of novel anti-inflammatory probiotic strains isolated from pulque", *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 100, no. 1, pp. 385–396, 2016, DOI: 10.1007/s00253-015-7049-4
- [17] L. Márquez Morales, E. G. El-Kassis, J. Cavazos Arroyo, V. Rocha Rocha, F. Martínez Gutiérrez y B. Pérez Armendáriz, "Effect of the intake of a traditional Mexican beverage fermented with lactic acid bacteria on academic stress in



medical students", *Nutrients*, vol. 13, no. 5. 2021, DOI: 10.3390/nu13051551

- [18] E. Rojas Rivas, F. C. Viesca González, H. J. Favila Cisneros y F. Cuffia, "Consumers' perception of a traditional fermented beverage in Central Mexico", *Br. Food J.*, vol. 122, no. 2, pp. 708–721, Jan. 2020, DOI: 10.1108/BFJ-05-2019-0317
- [19] A. E. Alcántara Zavala and J. de Dios Figueroa Cárdenas, "Shelf life, physicochemical and antioxidant properties of red cactus pear pulque processed by ohmic heating and by conventional pasteurization", *Int. J. Gastron. Food Sci.*, vol. 28, p. 100497, 2022, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100497>

