

Incorporación del fruto de *Parmentiera aculeata* como saborizante alternativo de bajo costo para la formulación de una bebida fermentada análoga de kombucha

Incorporation of the fruit of *Parmentiera aculeata* as a low-cost alternative flavoring for the formulation of a fermented beverage analogue of kombucha

González-García, J. J., Sánchez-Flores, C. , González-Escobar, J. L. , Veana, F. *

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Valles. Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km. 2, C. P. 79010, Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: González-García, J. J., Sánchez-Flores, C., González-Escobar, J. L., Veana, F. (2024). Incorporation of the fruit of *Parmentiera aculeata* as a low-cost alternative flavoring for the formulation of a fermented beverage analogue of kombucha. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1659. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1659>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: April 12th 2024.

Accepted/Aceptado: September 12th 2024.

Available on line/Publicado: September 25th 2024.

RESUMEN

La “kombucha” es una bebida fermentada tradicional del continente asiático relacionada con actividades biológicas importantes y por su contenido de microorganismos. La bebida es ácida y para los consumidores no es agradable. Por lo que, se ha optado por saborizar la bebida con frutas y hortalizas para mejorar sus características sensoriales mediante una segunda fermentación. El objetivo es desarrollar una bebida análoga de kombucha con la incorporación del fruto de *Parmentiera aculeata* como saborizante alternativo de bajo costo pretendiendo la valorización del mismo. Se desarrolló la bebida de kombucha por fermentación de 12 días y mediante un diseño completo al azar, se saborizó con jugo de *P. aculeata*, trozos del fruto y ambos en una segunda fermentación. Se monitoreó pH, °Brix y acidez titulable (ac. láctico y ac. acético, g/L). Principalmente, se observaron valores de pH consistentes con los reportados previamente (3.0-3.5), el consumo de 1 °Brix durante la primera fermentación y una acidez titulable inferior a los reportes previos. La formulación 3 fue calificada como “me gusta poco”. Este es el primer reporte del uso del fruto de *P. aculeata* en la saborización de una bebida análoga de kombucha y es un aliciente para el desarrollo de nuevas bebidas fermentadas.

PALABRAS CLAVE: Bebidas fermentadas, bebidas saludables, kombucha, probióticos, SCOBY.

*Corresponding Author:

Fabiola Veana. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Valles. Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km. 2, C. P. 79010, Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. Teléfono: (+52) 481) 381 20 44 Ext. 118. E-mail: fabiola.veana@tecvalles.mx

ABSTRACT

“Kombucha” is a traditional fermented beverage from the Asian continent related to important biological activities and for its content of microorganisms. The beverage is acidic and for consumers, it is not pleasant. Therefore, it has been decided to flavor the beverage with fruits and vegetables to improve its sensory characteristics through a second fermentation. The objective is to develop an analogous kombucha beverage by incorporating the *Parmentiera aculeata* fruit as a low-cost alternative flavoring, aiming at its valorization. The kombucha beverage was created by a 12-day fermentation and through a randomized complete design, it was flavored with *P. aculeata* juice, fruit pieces, and both in a second fermentation. pH, °Brix, and titratable acidity (lactic acid and acetic acid, g/L) were monitored. Mainly, pH values consistent with those previously reported (3.0-3.5), 1 °Brix consumption during the first fermentation, and titratable acidity lower than previous reports were observed. Formulation 3 was rated as “I like it a little”. This is the first report of the *P. aculeata* fruit usage in the flavoring of a kombucha analog beverage and is an encouragement for developing new fermented beverages.

KEY WORDS: Fermented beverages, health drinks, kombucha, probiotics, SCOBY.

Introducción

La vida sedentaria y los malos hábitos alimenticios de la población causados por las tendencias de la industria alimentaria han conducido a un deterioro de la salud global, manifestándose enfermedades como la obesidad, hipertensión y la diabetes mellitus, que son factores que aumentan el riesgo de mortalidad en pacientes con COVID-19 (Navarrete-Mejía *et al.*, 2020). Actualmente, existen varios tratamientos tediosos y costosos para combatir las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, existe un interés de la población por alternativas saludables y en especial se ha observado un crecimiento rápido en el mercado de las bebidas saludables, dentro de las cuales se encuentra la kombucha (Mordor Intelligence Research & Advisory, 2023). El tamaño del mercado de esta bebida se estima en 2.97 mil millones de dólares y se espera que se incremente hasta 4,65 mil millones de dólares en 2029, lo que representa una tasa compuesta anual de 9.48 % durante el periodo 2024-2029. Es importante destacar que esta bebida la podemos encontrar en el mercado como kombucha “original” y kombucha aromatizada, la cual agrega hierbas, especias, flores y frutas en su formulación. (Mordor Intelligence Research & Advisory, 2024). Como tal, la kombucha es una bebida refrescante no alcohólicas que se obtiene por fermentación de té negro (fermentado), agua, azúcar y comunidades de bacterias y levadura, denominado cultivo simbiótico de hongos y levaduras (SCOBY, del inglés Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts) (Laureys *et al.*, 2020). Otros autores mencionan la utilización de té verde (no fermentado) y té oolong (semi-

fermentado) para la obtención de la bebida (Júnior *et al.*, 2022). Dentro del consorcio microbiano que se utiliza para elaborar esta bebida, se encuentran bacterias ácido-acéticas (*Komagataeibacter* spp., *Gluconobacter* spp., *Gluconoacetobacter* spp. y *Acetobacter* spp.), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp. y *Leuconostoc* spp.) (Antolak *et al.*, 2021) y levaduras (*Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Candida* y *Dekkera*) (Anantachoke *et al.*, 2023; Barakat *et al.*, 2023). Varios reportes han mencionado que la kombucha es una bebida funcional, ya que actúa como un regulador del sistema digestivo, contiene una cantidad considerable de antioxidantes, mantiene saludable a la piel y ayuda en el tratamiento de artritis por su alto contenido de glucosamina, promoviendo la producción de ácido hialurónico en el organismo y por ende, la preservación de la estructura de los cartílagos y reduciendo el dolor que se produce en las articulaciones (Ricaurte Heredia, 2020).

Investigaciones recientes sobre la kombucha se han enfocado en estudiar la dinámica de los microorganismos, la producción de metabolitos con actividad biológica y el impacto de la bebida en la salud de los seres humanos. Así mismo, algunos estudios se han centrado en mejorar sus cualidades sensoriales mediante la adición de diferentes ingredientes. Por esta razón, existe una fuerte tendencia en la incorporación de frutas en la kombucha para mejorar sus características organolépticas, aporte nutricional y funcional. Entre los ingredientes utilizados para saborizar la bebida se encuentran el mango, romero, fruto de la serpiente, lavanda, orégano e hinojo, por mencionar algunos (Fernández Ormazá & Muñoz Jiménez, 2022; Tapias *et al.*, 2022; Luvison *et al.*, 2023). Sin embargo, desconocemos el impacto de los jugos de la fruta de *P. aculeata* durante la fermentación con el consorcio de la kombucha. Esta fruta posee alto contenido de carbohidratos (azúcares y fibra), vitaminas (C y E) y algunas propiedades biológicas en la salud, entre ellas destacan las actividades hipoglucemiantes, antiurolíticas, antimicrobianas y antioxidantes (Andrade-cetto & Heinrich, 2005; Estanislao Gómez *et al.*, 2016; Ibarra-Morales *et al.*, 2021; Morales-Sánchez *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2000). Además, *P. aculeata* es una planta autóctona de México que tiene una amplia distribución en el territorio, disponibilidad de frutos durante todo el año y una importante presencia en la medicina tradicional mexicana (Jiménez-Osornio, 2018). Un estudio en este sentido proporcionaría un producto alternativo a los consumidores preocupados por su salud; además, generaría un valor agregado a la fruta al ser utilizada como un saborizante alternativo de bajo costo. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es utilizar el fruto de *P. aculeata* para saborizar una bebida fermentada tipo kombucha, incluyendo un análisis de aceptabilidad de la bebida y el perfil químico de la misma.

Material y Métodos

Reactivos químicos y medios de cultivo

Todos los reactivos químicos utilizados en este estudio se adquirieron en Fermont (Monterrey, Mex) y Jalmek Científica (San Nicolás de los Garza, Mex.). Para el análisis microbiológico se utilizó el agar para cuenta estándar y el agar rojo violeta bilis lactosa, mismos que se adquirieron en BD Bioxon (Estado de México, Mex.) y el agar papa dextrosa se compró en Difco Laboratories (Detroit, Mich.).

Recolección, selección y preparación de material vegetal

El fruto de *P. aculeata* se recolectó en diferentes zonas de Ciudad Valles S.L.P., tomando como criterio de selección los niveles maduración 3-4 de acuerdo con la escala de color reportada por (Angón-Galván, 2006). Los frutos seleccionados se trasladaron al Laboratorio de Análisis de Alimentos del Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Valles, donde fueron lavados y desinfectados con una solución de plata coloidal (proteíca) al 3 %. El jugo utilizado en este estudio se obtuvo mediante una extracción mecánica, un filtrado y una pasteurización a 80 °C durante 15 segundos. El jugo se conservó en frascos previamente estériles, mismos que se conservaron en refrigeración hasta su uso. Así mismo, se sometió a un análisis microbiológico para asegurar su inocuidad, determinando mesofílicos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994) y mohos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994).

Elaboración de kombucha tradicional: primera fermentación

Primero se preparó la infusión de té negro (9 g/L de agua hervida), se dejó reposar por 10 min y se filtró en un frasco estéril. En seguida, se añadió 1 L de agua y 60 g de azúcar de mesa. Posteriormente se añadió el SCOBY (peso aproximado de 10 g base húmeda) y 250 mL de un cultivo iniciador. El frasco se colocó en una incubadora LSE Benchtop Shaking incubator 222DS (Corning, Tewksbury, MA) a 25 °C durante un periodo de 12 días, tomando muestra cada 3 días para realizar el perfil químico de la bebida.

Saborización de la bebida de kombucha: segunda fermentación

Transcurridos los 12 días de fermentación se removió el SCOBY de la bebida por decantación, así como el nuevo SCOBY formado. Se realizaron 3 formulaciones en un diseño completo al azar, donde la todas las formulaciones contenían 250 mL de la bebida de kombucha obtenida en la primera fermentación, además la formulación 1: 250 mL de jugo de chote pasteurizado, la formulación 2: 250 g de trozos de fruta (85-87 % de humedad) y la formulación 3: 62.5 mL de jugo de chote pasteurizado y 62.5 g de trozos del fruto. Para el desarrollo de la 2ª fermentación, los frascos se conservaron en refrigeración a 4 °C hasta después de 4 días que se finalizó, tomando muestra diariamente. El experimento se realizó por duplicado.

Evaluación sensorial de la bebida fermentada de kombucha saborizada

Para conocer los índices de aceptabilidad de la bebida de kombucha, se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, considerando los criterios de sabor, color, olor y aceptabilidad general. La evaluación se realizó en el Taller de Frutas y Hortalizas del Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Valles con 30 jueces no entrenados entre 18 y 23 años. Durante la evaluación sensorial se degustaron las tres formulaciones, incluyendo la bebida tradicional de kombucha (Formulación 4) y el jugo del fruto pasteurizado (Formulación 5), los cuales fueron utilizados como controles para comparación de resultados con las tres formulaciones desarrolladas en esta investigación.

Perfil químico de la bebida fermentada de kombucha saborizada

Durante la primera fermentación y segunda fermentación se monitoreó el pH, acidez titulable y sólidos disueltos (°Brix). El pH se midió mediante un potenciómetro marca Hi98103 Hanna De pH Checker de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-317-NORMEX-2013. La acidez titulable se midió según la Norma Mexicana NMXFF-011-1982, mediante volumetría y expresando el resultado como porcentaje de ácido láctico y porcentaje de ácido acético (% p/V, g/100 mL jugo). El contenido de sólidos solubles se midió con un refractómetro según la Norma Mexicana NMX-F-436-SCFI-2011 y se expresó el resultado como °Brix.

Análisis estadístico

Los datos de la evaluación sensorial se analizaron mediante una prueba de comparación de medias de Tukey en el programa STATISTICA I version 7.0 (Statsoft, Tulsa, OK, USA) para observar diferencias significativas entre las formulaciones desarrolladas y los controles. Mientras que los resultados del perfil químico se analizaron con promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación entre las repeticiones de las técnicas analíticas.

Resultados y Discusión

Evaluación sensorial

El análisis de los resultados de la evaluación sensorial de las formulaciones desarrolladas y de los controles mostraron que en los atributos de color, olor y sabor no existe diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.050$). Estos valores corresponden a “me disgusta moderadamente” a “me gusta poco”. Mientras que, cuando se analizaron las aceptaciones generales de las formulaciones desarrolladas y de los controles se observaron diferencias significativas, siendo la formulación 3 la que presentó la mayor aceptación con un valor de 4.6 considerado como un “me gusta poco” (Tabla 1). Sin embargo, este resultado tiene una mejor aceptabilidad general si comparamos la preferencia de la kombucha por sí sola y del jugo pasteurizado (4.6 vs 3.80 y 3.71, respectivamente). Estos resultados son debido a las características químicas de la bebida, ya que es rica en ácidos como ácido acético y el paladar de los jueces no entrenados no está desarrollado para preferir estos sabores.

Tabla 1. Resultados de la evaluación sensorial de la bebida fermentada de kombucha saborizada con el fruto de *P. aculeata*.

Formulación	Color	Olor	Sabor	Aceptación General
1	4.80 ± 1.30 ^b	3.43 ± 1.77 ^b	4.47 ± 1.93 ^b	4.23 ± 1.45 ^{ab}
2	5.03 ± 1.40 ^b	3.60 ± 1.57 ^b	3.93 ± 1.66 ^b	4.19 ± 1.11 ^{ab}
3	4.97 ± 1.27 ^b	4.17 ± 1.56 ^b	4.67 ± 1.67 ^b	4.60 ± 1.20 ^a
4	5.33 ± 1.63 ^b	3.53 ± 1.70 ^b	2.53 ± 1.74 ^a	3.80 ± 0.87 ^{ab}
5	3.07 ± 1.80 ^a	3.87 ± 1.89 ^b	4.20 ± 2.16 ^b	3.71 ± 1.13 ^b

Letras diferentes son estadísticamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los indicadores de la evaluación sensorial se describen en las gráficas de araña (Figura 1), donde se observa la distribución de la escala hedónica representado por los números externos 1 (Me disgusta mucho) - 7 (Me gusta mucho) y la frecuencia relativa de aceptabilidad representado por los números internos. El jugo de chote (Formulación 5) mostró un bajo índice de aceptabilidad en cuanto al color, olor y sabor. Sin embargo, cuando el jugo es incorporado para el desarrollo de la kombucha mejora sus cualidades sensoriales. Respecto al color, en las formulaciones 1-3 con jugo, fruta y jugo-fruta se mantienen en la escala hedónica de 5 y 6. En cuanto a color y el sabor la formulación 1 y formulación 3 alcanzaron los mejores índices de aceptabilidad de 5 y 6. Cuando comparamos estos resultados con la kombucha tradicional observamos que la adición del chote reduce el nivel de aceptabilidad en cuanto al color, por el contrario, los índices de sabor y olor mejoran en la formulación 1 y 3.

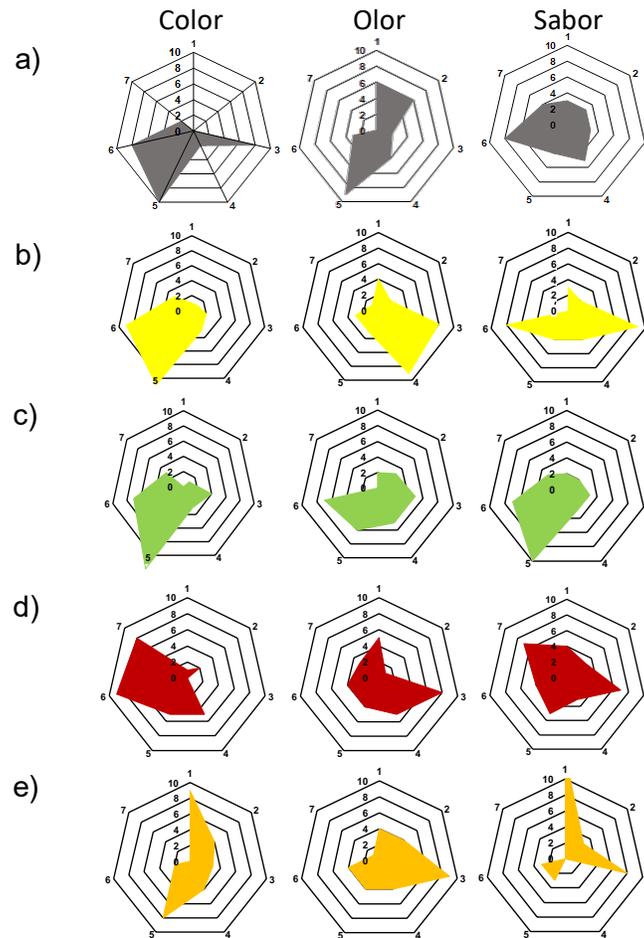


Figura 1. Resultados de la evaluación sensorial de las bebidas de kombucha saborizadas con el fruto de *P. aculeata*.

a) Formulación 1(kombucha + jugo), b) Formulación 2 (kombucha + fruta), c) Formulación 3 (kombucha + jugo + fruta), d) Formulación 4 (kombucha) y e) Formulación 5 (jugo).

Perfil químico de la bebida fermentada de kombucha saborizada

Durante la fermentación por 12 días, se observó que la bebida de kombucha presentó una disminución de pH desde un valor inicial de 3.5 hasta un valor final de 3.0 (Figura 2). Estos resultados son consistentes con los reportados por otros autores (Guzmán Ortiz, 2021; Navarro, 2021; Tran *et al.*, 2020), quienes comentan que los valores de la bebida al cabo de 12 días de entre 5.0-3.0. En las 3 formulaciones de kombucha saborizada con el fruto de *P. aculeata* se obtuvieron valores finales de 3.95-4.15 al cuarto día de fermentación, correspondiente a la 2^{da} fermentación.

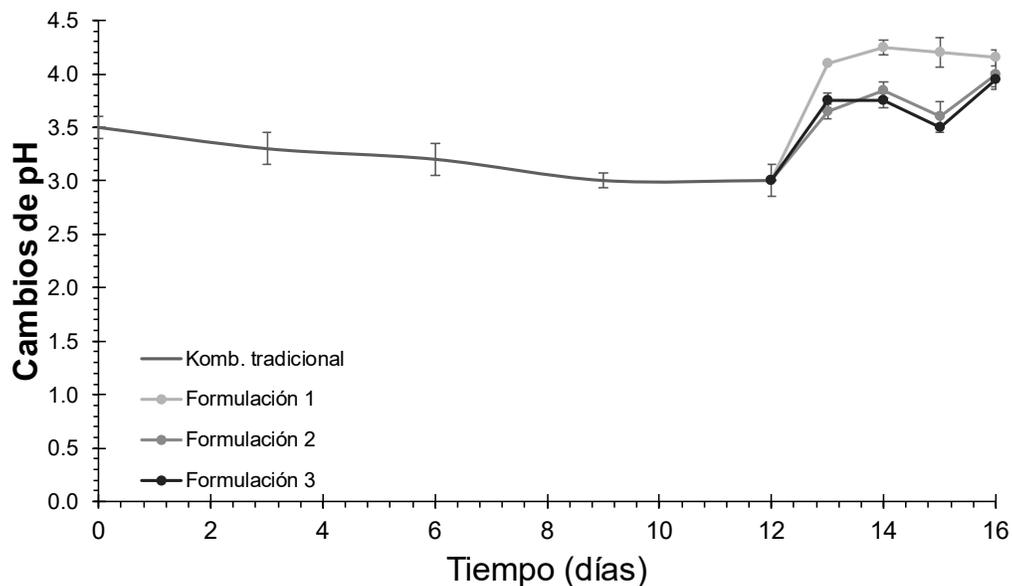


Figura 2. Cambios de pH durante la primera y segunda fermentación de producción de la bebida fermentada de kombucha.

En cuanto a la acidez titulable (Figura 3), los valores obtenidos en esta investigación son 3.58 g/L de ácido acético en la primera fermentación y valores de 3.9-4.03 en las tres formulaciones obtenidas en la segunda fermentación (kombucha saborizada con el fruto de *P. aculeata*). Ese comportamiento puede ser debido a la concentración de sacarosa inicial, ya que otros autores han reportado valores de acidez titulable expresada como ácido acético de 5.6, 8.36 y 11 g/L cuando se utilizan diferentes concentraciones iniciales de sacarosa (70 y 100 g/L) y variando el tiempo de fermentación de 15, 18 y 30 días (Leal *et al.*, 2018; Tran *et al.*, 2020). EL ácido acético es importante para el control del pH y del crecimiento microbiano no deseado (Martínez Leal *et al.*, 2018). Bajo condiciones de fermentación de la bebida de kombucha de sacarosa inicial de 100 g/L y fermentación por 18 días, se ha reportado una concentración de ácido láctico de 0.18 g/L, cuyo valor es inferior al encontrado en las tres formulaciones desarrolladas en este estudio, fluctúan entre 5.65-6.05 g/L en la bebida de kombucha saborizada con el fruto de *P. aculeata*. El ácido láctico es de suma importancia por el atributo de evitar el estreñimiento, ya que estimula los movimientos peristálticos del intestino contribuyendo en evacuaciones adecuadas (Velázquez-López *et al.*, 2018). La literatura indica que los microorganismos responsables de la producción de ácidos orgánicos durante la elaboración de la bebida y que a su vez estos contribuyan a los cambios del pH de la misma, son atribuidos a la presencia de bacterias ácido-acéticas, levaduras y bacterias ácido-lácticas (Tran *et al.*, 2020).

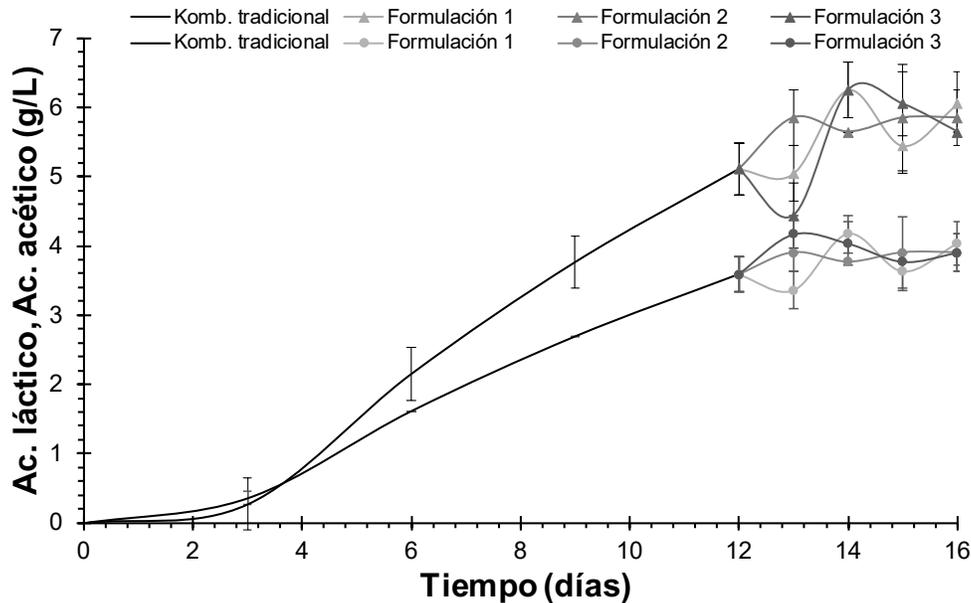


Figura 3. Acidez titulable durante la primera y segunda fermentación de producción de la bebida fermentada de kombucha.

Ácido láctico (-▲-) y ácido acético (-●-)

El metabolismo de los microorganismos presentes durante la fermentación de la bebida de kombucha requiere el consumo de sustrato o azúcares presente en la bebida. En la Figura 4 se muestra el consumo de los sólidos solubles disueltos medidos por °Brix durante la primera fermentación. En esta etapa, con los resultados obtenidos se puede mencionar que existe una dinámica de crecimiento de los microorganismos, donde estos consumen los sustratos y producen metabolitos como ácidos orgánicos que promueven el descenso del pH del medio. De acuerdo con Tran *et al.* (2020), las levaduras contribuyen produciendo azúcares simples y etanol a partir de la degradación de la sacarosa y los polisacáridos, mientras las bacterias ácido-acéticas consumen glucosa y etanol para producir ácidos orgánicos. En la segunda fermentación se observa un incremento de los sólidos solubles disueltos como consecuencia de la adición de la fruta de *P. aculeata*, variando los valores al finalizar los 16 días con valores de entre 4.5-5.0 °Brix. Este incremento gradual hasta el día 15 está asociada con la liberación de los azúcares solubles de los polisacáridos contenidos en la fruta, por la actividad de los microorganismos. Algunos estudios han mencionado que la sacarosa es hidrolizada a glucosa y fructosa por la invertasa producida por levaduras en el consorcio microbiano de kombucha (Jafari *et al.*, 2020). Por otro lado, la adición de la fruta en las 3 formulaciones contribuyó a disminuir la acidez en la bebida

aumentando el pH. Estos efectos ocasionados por la adición de la fruta generaron características sensoriales atractivas mejorando el sabor en la formulación 1 y 3.

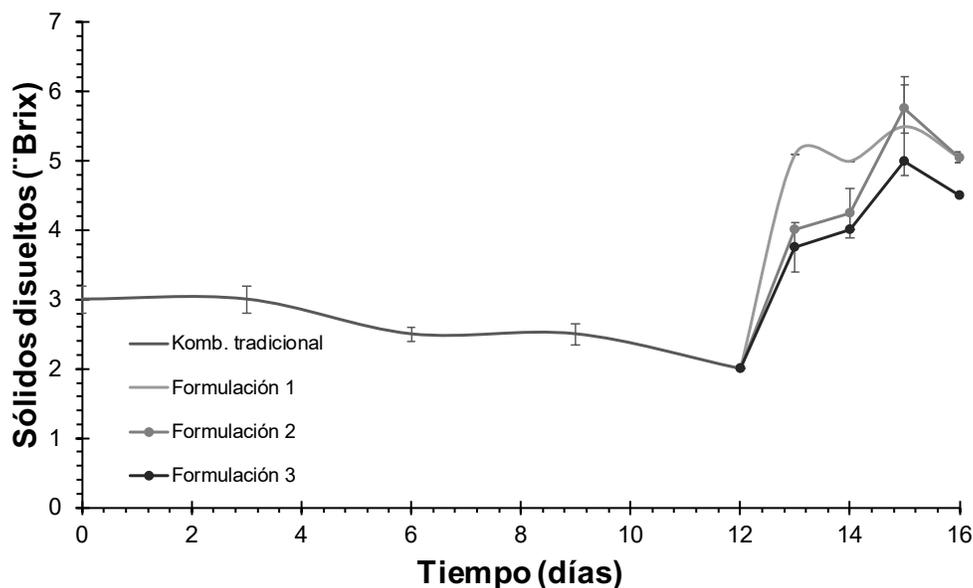


Figura 4. Contenido de sólidos solubles durante la primera y segunda fermentación de producción de la bebida fermentada de kombucha.

Se han empleado diversas materias primas para la primera fermentación de kombucha, tales como café, manzanas, uvas, peras, zanahorias, brócoli, por mencionar algunas (Anantachoke *et al.*, 2023; Júnior *et al.*, 2022). Al igual que, el uso de diferentes sustratos alternativos para la saborización de la bebida de kombucha (segunda fermentación), entre los que podemos encontrar la maracuyá, mango, mandarina, melón, piña (Fernández Ormazza & Muñoz Jiménez, 2022; Luvison *et al.*, 2023; Stevens, 2019). Lo que refuerza el hecho junto con los resultados obtenidos en este estudio que, el fruto de *P. aculeata* puede ser un saborizante alternativo y de bajo costo para la bebida análoga de kombucha.

Conclusiones

Este es el primer reporte sobre la incorporación del fruto de *P. aculeata* como saborizante alternativo y de bajo costo para una bebida análoga de kombucha. De acuerdo con los resultados de esta investigación, la incorporación del chote en la kombucha contribuye de manera positiva en la aceptación general de la bebida, siendo preferida la formulación 3, constituida por jugo y

fruto de chote. Sin embargo, se requieren estudios adicionales que evidencien las actividades biológicas de la bebida, aunado a un estudio que evidencie su potencial como sustrato desde un inicio del proceso fermentativo para el desarrollo de la bebida tipo kombucha.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, FVH; desarrollo de la metodología, JJGG, CSF; manejo de software, FVH; validación experimental, JJGG, CSF, FVH, JLGE; análisis de resultados, JJGG, FVH, JLGE; Manejo de datos, JJGG, FVH, JLGE; escritura y preparación del manuscrito, FVH, JLGE; FVH, JLGE; administrador de proyectos, FVH; adquisición de fondos, FVH.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por el Tecnológico Nacional de México.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del presente proyecto.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés

Referencias

- Anantachoke, N., Duangrat, R., Sutthiphakul, T., Ochaikul, D., & Mangmool, S. (2023). Kombucha Beverages Produced from Fruits, Vegetables, and Plants: A Review on Their Pharmacological Activities and Health Benefits. *Foods*, 12(19), 1818. <https://doi.org/10.3390/foods12091818>
- Andrade-cetto, A., & Heinrich, M. (2005). Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*,99(3), 325–348. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.019>
- Angón-Galván, P. (2006). Caracterización parcial del fruto *Parmentiera edulis*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de la Mixteca]. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9947.pdf
- Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). *Antioxidants*,

- 10(10). <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10101541>
- Barakat, N., Beaufort, S., Rizk, Z., Bouajila, J., Taillandier, P., & El Rayess, Y. (2023). Kombucha analogues around the world: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(29), 10105–10129. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2069673>
- Estanislao Gómez, C., Ordaz Pichardo, C., San Martín Martínez, E., Pérez Hernández, N., Pérez Ishiwara, G., & Gómez García, M. del C. (2016). Cytotoxic effect and apoptotic activity of *Parmentiera edulis* DC . hexane extract on the breast cancer cell line MDA-MB-231. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(01), 15–22. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.600103>
- Fernández Ormazá, J., & Muñoz Jiménez, L. (2022). Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida de kombucha con adición de maracuyá. [Tesis de Maestría, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/14495>
- Guzmán Ortiz, M. A. (2021). Resistencia de microorganismos aislados de kombucha a condiciones del tracto gastrointestinal in vitro. [Tesis de Licenciatura, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.] <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/766/1/M%C3%B3nica%20Aidee%20Guzm%C3%A1n%20Ortiz.pdf>
- Jafari, R., Naghavi, N. S., Khosravi-Darani, K., Doudi, M., & Shahanipour, K. (2020). Kombucha microbial starter with enhanced production of antioxidant compounds and invertase. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101789.
- Jiménez-Osornio, J. J., Cervantes, D. P., Cortez, A. M., Morales, M. D. R. R., Escalante, P. I. M., & Grajales75, Á. L. (2018). 15. Sustainable agriculture through resurrection of indigenous fruits. In Scherrer C. & Verma S. Labor and Globalization, Decent Work Deficits in Southern Agriculture: Measurements, Drivers and Strategies. (pp. 305-322). Ed. Rainer Hampp Verlag. <https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2018041755357/LaborAndGlobalizationVol11.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ibarra-Morales, A., Solís-Fernandez, K., & Sánchez-del Pino, I. (2021). El amaranto en la región maya. *Ecofronteras*, 25(71), 8–10. <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/1957>
- Júnior, J. C. da S., Meireles Mafaldo, Í., de Lima Brito, I., & Tribuzy de Magalhães Cordeiro, A. M. (2022). Kombucha: Formulation, chemical composition, and therapeutic potentialities. *Current Research in Food Science*, 5, 360. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2022.01.023>
- Laureys, D., Britton, S. J., & DE Clippeleer, J. (2020). Kombucha Tea Fermentation : A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78 (3), 1–10. <https://doi.org/10.1080/03610470.2020.1734150>
- Leal, J. M., Suárez, L. V., Jayabalan, R., Oros, J. H., & Escalante-Aburto, A. (2018). A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 390–399. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1410499>
- Luvison, A., Zago Danguí, A., & De Lima, K. P. (2023). Desenvolvimento de kombucha de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) saborizado com manga (*Mangifera indica* L.) Adriane. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 17(1), 4057–4079. <https://doi.org/10.3895/rbta.v17n1.15976>
- Martínez Leal, J., Valenzuela Suárez, L., Jayabalan, R., Huerta Oros, J., & Escalante-Aburto, A. (2018). A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 390–399. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1410499>
- Morales-Sánchez, V., Osuna-Fe, Rnández, H. R., Brechú-Franco, A., Laguna-Hernández, G., &

- Vargas-Solís, R. (2015). Evaluación del efecto antiurolítico del fruto de *Parmentiera aculeata* en rata Wistar. *Botanical Sciences*, 93(2), 293–298. <https://doi.org/10.17129/botsci.99>
- Mordor Intelligence Research & Advisory. (2023, September). Tamaño del mercado de bebidas saludables y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029). Mordor Intelligence. Retrieved May 15, 2024, from <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-health-drinks-industry>
- Mordor Intelligence Research & Advisory. (2024, January). Tamaño del mercado de Kombucha y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029). Mordor Intelligence. Retrieved May 15, 2024, from <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/kombucha-market>
- Navarrete-Mejía, P. J., Lizaraso-Soto, F. A., Velasco-Guerrero, J. C., & Loro-Chero, L. M. (2020). Diabetes mellitus e hipertensión arterial como factor de riesgo de mortalidad en pacientes con Covid-19. *Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 13(4), 361–365. <https://doi.org/10.35434/RCMHNAAA.2020.134.766>
- Navarro, R. (2021). *Prevalence of Volatile Phenols in Kombucha and Evaluation of Factors that Influence their Formation*. [Master of Science Thesis, Oregon State University]. https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/tx31qs129
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- Norma Mexicana NMX-F-317-NORMEX-2013 Determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas – Método potenciométrico. <https://normex.com.mx/producto/nmx-f-317-normex-2013/>
- Norma Mexicana NMX-FF-011-1982. Productos Alimenticios no Industrializados, Para uso Humano. Fruta Fresca, Determinación de Acidez Titulable, Método de Titulación. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1982/nmx-ff-010-1982.pdf>
- Norma Mexicana NMX-F-436-SCFI. (2011). Industria azucarera y alcoholera - Determinación de grados brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados - Método del refractómetro. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-436-scfi-2011.pdf>
- Pérez, R. M., Perez, C., Zavala, M. A., Perez, S., Hernandez, H., & Lagunes, F. (2000). Hypoglycemic effects of lactucin-8-O-methylacrylate of *Parmentiera edulis* fruit. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(3), 391–394. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00212-3)
- Ricaurte Heredia, A. S. (2020). *Determinación de la viabilidad de Acetobacter aceti y Saccharomyces cerevisiae presentes en el Medusomyces gisevi (Hongo kombucha) para una posible aplicación en la agroindustria, mediante la utilización de tres sustratos*. [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15506>

- Stevens, N. (2019). *Kombucha. Los secretos de esta bebida fermentada probiótica*. Ed. Sirio.
- Tapias, Y. A. R., Di Monte, M. V., Peltzer, M. A., & Salvay, A. G. (2022). Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions. *Food Chemistry*, 372, 131346. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131346>
- Tran, T., Grandvalet, C., Verdier, F., Martin, A., Alexandre, H., & Tourdot-Maréchal, R. (2020). Microbiological and technological parameters impacting the chemical composition and sensory quality of kombucha. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 2050–2070. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12574>
- Velázquez-López, A., Covatzin-Jirón, D., Toledo-Meza, M. D., & Vela-Gutiérrez, G. (2018). Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido lácticas aisladas del pozol tradicional chiapaneco. *CienciaUAT*, 13(1), 165. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.871>