

Capacidad fermentativa de cepas específicas de *Lactiplantibacillus plantarum* utilizando mango como materia base

Yudit Aimee Aviles-Rivera¹
Adrián Hernández-Mendoza²
José Basilio Heredia¹
Verónica Mata-Haro³
Lourdes Santiago-López²
María Dolores Muy-Rangel^{1,5}

1 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC-Coordinación Regional Culiacán. Carretera a Eldorado km 5.5, Col. Campo El Diez, Culiacán, Sinaloa, México. CP. 80110.

2 Laboratorio de Química y Biotecnología de Productos Lácteos-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas Núm. 46, Col. La Victoria, Hermosillo, Sonora, México. CP. 83304.

3 Laboratorio de Microbiología e Inmunología-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas Núm. 46, Col. La Victoria, Hermosillo, Sonora, México. CP. 83304.

Autora para correspondencia: mdmuy@ciad.mx

Resumen

Se evaluó la capacidad de fermentación de dos bacterias potencialmente probióticas, *Lactiplantibacillus plantarum* Lp6 y Lp32 en jugo de mango cv Ataulfo como sustrato. Para ello, las cepas (10^{10} UFC ml⁻¹) se adicionaron en tres niveles de inóculo (1, 2 y 3%, v/v), en jugo de mango y se incubaron durante 36 h a 37 °C. Se tomaron muestras (0, 18 y 36 h) para evaluar el crecimiento bacteriano, sólidos solubles totales, azúcares individuales, pH y acidez titulable (% de ácido láctico). Adicionalmente, se determinó el efecto de la fermentación en el color y azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa) del jugo. Ambas cepas poseen capacidad fermentativa y un crecimiento celular de cuatro ciclos logarítmicos después de 12 h de fermentación. No se observaron diferencias en el color entre el jugo fermentado y no fermentado. Las bacterias Lp6 y Lp32 pueden usarse como cultivos iniciadores para la elaboración de bebidas funcionales a base de mango.

Palabras clave:

Mangifera indica, bacterias ácido-lácticas, calidad, fermentación.



Introducción

Las bacterias ácido láctico (BAL) son utilizadas en las industrias de los alimentos y bebidas como cultivos iniciadores o cultivos adjuntos, incluyendo algunas con propiedades probióticas para la elaboración de bebidas fermentadas, las cuales pueden aumentar la vida útil, el valor nutricional y las propiedades sensoriales de la bebida.

Durante el proceso de fermentación, las bacterias son capaces de convertir los hidratos de carbono en ácidos orgánicos como el ácido láctico, el cual durante la fermentación se ve influenciada por la temperatura, los nutrientes y la cepa utilizada, como *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Oenococcus* y *Lactobacillus*, del último género citado, la especie más empleada es *Lactiplantibacillus plantarum*, por su adaptabilidad ecológica (Punia *et al.*, 2022). Yang *et al.* (2018) indicaron que las cepas de *L. plantarum* se utilizan con éxito para la formulación de bebidas de frutas y verduras.

En este sentido Cele *et al.* (2022) reportaron el uso de *L. plantarum* para la fermentación de jugos de mango cv 'Sabre', 'Peach' y 'Tommy Atkins'. Sus resultados demostraron que la cepa de *L. plantarum* utilizada mejoró el contenido de compuestos volátiles, ácido ascórbico, contenido fenólico y antioxidantes, lo cual podría tener un efecto benéfico para la salud humana, lo que a su vez lo posiciona como sustrato para el desarrollo de bebidas funcionales (García *et al.*, 2020; Lan *et al.*, 2023).

Las bebidas funcionales son una de las categorías de los alimentos funcionales de mayor crecimiento, esto debido al interés de los consumidores por bebidas más saludables (Ahmed *et al.*, 2023; Isas *et al.*, 2023). Por ello, se buscan sustratos fermentables que permitan obtener productos con valor añadido. De particular interés es el mango cv Ataulfo (*Mangifera indica* L.), el cual contiene cantidades importantes de compuestos bioactivos como carotenoides, fibra, polifenoles, minerales, vitaminas, además es de sabor dulce, baja acidez, aroma intenso y su alto contenido de azúcar puede actuar como sustrato para el crecimiento de bacterias fermentativas (Palafox *et al.*, 2012; Quirós *et al.*, 2017; Kesa *et al.*, 2021).

Aunque existen trabajos que han evidenciado que jugos de frutas de piña (Toan *et al.*, 2019), arándanos (Li *et al.*, 2021), granada (Kumar *et al.*, 2015) y melocotones (Managa *et al.*, 2021) hay información limitada sobre el uso de mango, variedad Ataulfo, como matriz para la fermentación de bacterias ácido láctica. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad de fermentación (crecimiento celular y porcentaje de ácido láctico) de dos bacterias potencialmente probióticas, *Lactiplantibacillus plantarum* Lp6 y Lp32, utilizando jugo de mango cv Ataulfo como sustrato.

Materiales y métodos

Preparación de bebida a base de mango

Frutos de mango cv Ataulfo en madurez comercial se obtuvieron de Chiapas, México, de forma manual se recolectó la pulpa del fruto (°Brix 16-17, pH 4.2-4.5), se envasó al vacío y se almacenó a -20 °C. La pulpa descongelada se molió en una licuadora doméstica Oster (modelo: BLST4126R, Newell Brands, México) para realizar la matriz fermentable con pulpa mango/agua en una relación 50:50, ajustada a 13 °Brix con sacarosa. El jugo de mango (200 ml) se pasteurizó utilizando un baño de agua a 85 °C (Thermo Scientific, Precisión CIR 35, MA, USA) durante 5 min y se enfrió con un baño de hielo. El jugo preparado se conservó en refrigeración (4 ± 1 °C) hasta su uso.

Inoculación del jugo de mango

La fermentación se realizó con las cepas de Lp6 y Lp32 del cepario del Laboratorio de Productos Lácteos del CIAD (García *et al.*, 2022; Santiago *et al.*, 2023). Las bacterias se propagaron en caldo MRS (Man, Rogosa y Sharpe; Condalab, St. Forja, Madrid, España) utilizando tres subcultivos consecutivos (12, 10 y 8 h) a 37 °C en condiciones anaeróbicas. Las bacterias se recuperaron del último subcultivo por centrifugación (4 500 × g, 10 min, 4 °C), se lavaron dos veces con solución

salina tamponada de fosfato (PBS; 0.1 M, pH 7.2) y se ajustaron a una concentración inicial de 10^{10} UFC ml^{-1} . La fermentación se realizó con 1, 2 y 3% v/v de inóculo y se incubó a 37 °C en condiciones anaeróbicas durante 36 h. Se tomaron muestras a las 0, 18 y 36 h de fermentación por triplicado. La eficiencia fermentativa con 1% de inóculo se precisó con diferentes tiempos de fermentación (0, 6, 12, 24 y 48 h) y se analizó el color y los azúcares.

Determinación de pH

Los cambios en los valores de pH se registraron con un potenciómetro digital de pH (Thermo Scientific, Orion Versa Star, MA, USA), el electrodo se insertó en las muestras (10 ml, temperatura de 35 °C) y se registró la lectura (AOAC, 1990; Cele *et al.*, 2022).

Determinación de la acidez titulable

La acidez titulable se determinó siguiendo los procedimientos descritos en la AOAC (2000); Chen *et al.* (2023) con ligeras modificaciones. Se mezclaron 5 ml de muestra con 50 ml de agua desionizada y se colocaron en un titulador automático (Mettler Toledo, T50, CDMX, México), usando solución estándar de hidróxido de sodio 1 N hasta que el pH fue de 8.0. El resultado se expresó en (%) de ácido láctico:

$$[\% \text{ titratable acidity} = \frac{(\text{ml of NaOH used}) (\text{N from NaOH}) (0.09)}{\text{ml of titrated juice}}] 0.09 = \text{miliequivalente de ácido láctico}$$

Determinación de sólidos solubles totales (SST)

Los SST en las muestras se realizó en un refractómetro digital (Mettler Toledo, RE40D, CDMX, México) a 20 °C. El refractómetro se calibró con agua destilada. El valor de SST (° Brix) se determinó por triplicado colocando una gota de muestra en el equipo.

Determinación de azúcares

Para el análisis de glucosa, fructosa y sacarosa en las muestras se utilizó el kit de Megazyme (Megazyme, International Ireland Ltd Wicklow, Irlanda) mediante la medición de la concentración de glucosa antes y después del hidrólisis de la sacarosa por la enzima #-fructosidasa (invertasa). Para la D-fructosa se determina después de D-glucosa, con la isomerización ocasionada por la enzima fosfoglucoasa isomerasa (PGI). Todas las mediciones se realizaron en un espectrofotómetro a 340 nm (espectrofotómetro UV-Vis Cary 60 Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EE. UU.) y se reportaron en porcentaje.

Crecimiento celular

El crecimiento celular de las bacterias se determinó utilizando el método de vaciado en placa (Sanders, 2012) con agar MRS (Merck Millipore®, Darmstadt, Germany). Un mililitro de cada muestra se añadió a un tubo con 9 ml de agua peptonada, posteriormente se realizaron las diluciones seriadas; se colocó 1 ml de la dilución a las placas y se adicionó el medio de cultivo a punto de gelificar. Todas las placas se incubaron en condición anaeróbica a 37 °C durante 24-48 h y los resultados se expresaron como Log unidades formadoras de colonia (UFC) ml^{-1} .

Determinación de color

El color de las muestras se determinó con un espectrofotómetro (Konica CM-700. Minolta Inc., Japón) y las coordenadas de color L^* , a^* , b^* ; la cromaticidad (C) y ángulo de matiz (h) se calcularon con el programa OnColor QC versión 5 (Siller *et al.*, 1994; Minolta, 1994).



Análisis estadístico

Para el nivel de inóculo se utilizó un diseño factorial A*B (A: % de inóculo y B: tiempo, h) con unidades repetidas en el tiempo. El factor A: 0, 1, 2 y 3% inóculo y el factor B: tiempo de fermentación (0, 18 y 38 h). Para determinar el efecto de las cepas, se realizó un diseño factorial A*B (A: tipo de cepa y B: tiempo, h) con unidades repetidas en el tiempo. El factor A, 0, Lp6 y Lp32 y el factor B, fermentación (0, 6, 24 y 48 h). Para las variables de pH, acidez titulable, °Brix y azúcares se utilizó un diseño de medidas repetidas en el tiempo. Las diferencias de los parámetros evaluados fueron determinadas por un Anova con significancia de 5% y una prueba de Tukey en el paquete estadístico MINITAB, 19 (Minitab Inc., State College, PA, EE. UU). Los datos se reportaron en medias.

Resultados y discusión

Los resultados de SST (°Brix), pH y acidez (% ácido láctico) se muestran en el Cuadro 1. Se observó una disminución en el contenido de SST en las muestras con los tres niveles de inóculo durante el proceso de fermentación, no se registró diferencia ($p > 0.05$) en el nivel de inóculo y tiempo para la cepa Lp6, mientras que para la cepa Lp32, solo el 2% de inóculo a las 36 h fue significativamente menor. Este comportamiento podría indicar que las bacterias consumieron los azúcares (añadidos y de la fruta) para la generación de energía y continuar su crecimiento (Punia *et al.*, 2022; Cele *et al.*, 2022).

Cuadro 1. Cambios registrados durante la fermentación por las cepas Lp6 y Lp32 en la matriz a base de mango.

Inóculo (%)	Tiempo (h)	°Brix	pH	Ácido láctico (%)	°Brix	pH	Ácido láctico (%)
0	0	13.01 ^{*A}	4.29 ^A	0.23 ^E	12.97 ^A	4.23 ^A	0.32 ^{EF}
	18	12.96 ^A	4.24 ^A	0.25 ^E	12.95 ^A	4.27 ^A	0.31 ^F
	36	12.96 ^A	4.26 ^A	0.25 ^E	12.96 ^A	4.21 ^A	0.31 ^F
1	0	13 ^A	4.29 ^A	0.25 ^E	12.95 ^A	4.31 ^A	0.32 ^{EF}
	18	12.9 ^A	3.5 ^{BC}	0.52 ^C	12.88 ^{AB}	3.58 ^B	0.66 ^D
	36	12.82 ^A	3.4 ^C	0.99 ^A	12.76 ^{AB}	3.31 ^C	0.89 ^B
2	0	12.93 ^A	4.28 ^A	0.24 ^E	12.96 ^A	4.26 ^A	0.34 ^E
	18	12.87 ^A	3.59 ^{BC}	0.38 ^D	12.86 ^{AB}	3.74 ^B	0.69 ^C
	36	12.84 ^A	3.43 ^C	0.73 ^B	12.68 ^B	3.32 ^C	0.92 ^B
3	0	12.95 ^A	4.28 ^A	0.25 ^E	12.95 ^{AB}	4.19 ^A	0.31 ^F
	18	12.84 ^A	3.52 ^B	0.42 ^D	12.78 ^{AB}	3.74 ^B	0.71 ^C
	36	12.83 ^A	3.43 ^C	0.67 ^B	12.72 ^{AB}	3.35 ^C	0.95 ^A

*Medias de tres repeticiones. Misma literal por variable de respuesta es estadísticamente igual (Tukey > 0.05).

El valor de pH inicial de las muestras fue de 4.26, con una disminución de un 20% para los tres niveles de inóculo después de las 36 h de fermentación, sin mostrar diferencia ($p > 0.05$) entre los niveles de concentración de inóculo, pero si en el tiempo de fermentación (Cuadro 1), donde el proceso de fermentación en mango no es dependiente del nivel de concentración de inóculo, pudiéndose utilizar el 1%.

El descenso del pH se debe al proceso de fermentación donde las BAL utilizan como sustrato los carbohidratos presentes en mango para la transformación a productos ácidos (H⁺) (Punia *et al.*, 2022). Mwanzia *et al.* (2022) reportaron que el pH jugo de mango (cv Sabre, Peach y Tommy Atkins) fermentado disminuyó después de 72 h de proceso con tres cultivos: pH= 3.23 para Abt-5 (*S. thermophilus*, *Bifidobacterium* y *L. acidophilus*), pH= 3.6 en Fiti (*L. rhamnosus*) y pH= 3.7 para *L. delbruiikii ssp bulgaricus*. Cele *et al.* (2022) señalan que *L. plantarum* fue la que desarrolló el menor pH= 3.66.

En el jugo de mango fermentado con las cepas Lp6 y Lp32 se observó diferencia ($p \neq 0.05$) en el porcentaje de acidez entre los niveles de inóculo y el tiempo de fermentación (Cuadro 1), comportándose de forma inversa al pH. Los valores máximos de acidez (0.99%) se registraron en jugo fermentado por Lp6 a las 36 h con 1% de inóculo, mientras y para Lp32 fue con 3% de inóculo. Kumar *et al.* (2015) reportan un aumento en acidez (0.49 a 0.66%) en una bebida de mango con *L. plantarum* NCDC LP 20 a las 72 h.

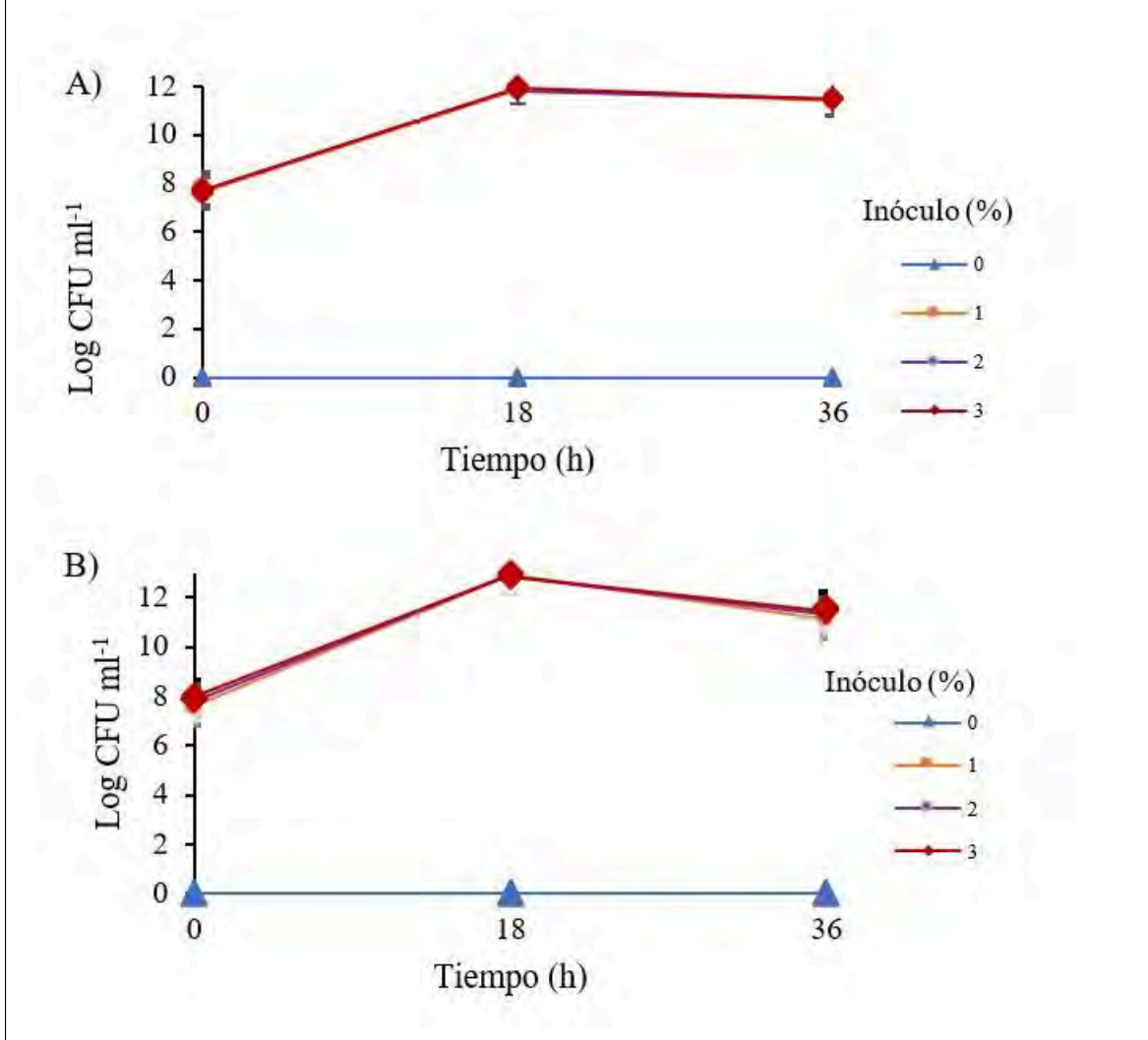
Concentración celular

La cuenta inicial para los jugos de mango fue de $7.7 \log_{10}$ UFC ml^{-1} en ambas cepas (Lp6 y Lp32), después de 18 h de fermentación se observó un incremento de $4 \log_{10}$ UFC ml^{-1} independientemente de la concentración de inóculo ($p > 0.05$) inicial, seguido de una disminución ($p \neq 0.05$) de $1 \log_{10}$ UFC ml^{-1} a las 36 h (Figura 1).

El crecimiento celular observado durante la fermentación con las cepas Lp6 y Lp32 fue más alto al reportado previamente en bebida de mango fermentada con tres cultivos de BAL (Mwanzia *et al.*, 2022) y con la cepa *L. plantarum* NCDC LP20 (Kumar *et al.*, 2015). El aumento de la concentración celular podría indicar que las cepas se adaptaron a la matriz elaborada a base de mango, mientras que la disminución registrada a las 36 h las cepas se encuentran en competencia por los nutrientes y al efecto antimicrobiano de los ácidos orgánicos (ácido láctico) producidos por las bacterias (Coban, 2020).



Figura 1. Concentración celular de las cepas Lp6 (A) y Lp32 (B) durante el tiempo de fermentación del jugo de mango adicionado en diferentes niveles de inóculo.



Las BAL, son microorganismos capaces de hidrolizar proteínas y su crecimiento sostenible depende de la producción de proteinasas, peptidasas y péptidos específicos (Parra, 2010), la baja cantidad de proteína en el mango limita su crecimiento; sin embargo, su capacidad metabólica de proteínas, azúcares y lípidos favorecen las propiedades sensoriales de los alimentos fermentados (Palafox *et al.*, 2012; Punia *et al.*, 2022). Al no encontrar diferencia ($p > 0.05$) entre los tres niveles de inóculo para las variables de concentración celular, °Brix y pH, se decidió utilizar el nivel inóculo de 1% para corroborar su capacidad fermentativa e incluir nuevas variables de estudio (color y azúcares).

Fermentación de jugo de pulpa de mango con Lp6 y Lp32 al 1%

En el contenido de SST (°Brix) en las muestras se encontró una disminución significativa ($p \# 0.5$) entre las cepas Lp6 y Lp32 con respecto al testigo (jugo sin BAL) (Cuadro 2). Sin embargo, los cambios en °Brix fueron numéricamente mínimos pero significativos, debido a que los °Brix se expresan como sólidos disueltos de azúcares y ácidos, en este sentido, los azúcares totales fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$) a las 48 h de fermentación con las cepas, relacionados con la degradación de la glucosa por las BAL, sin diferencia ($p > 0.5$) en glucosa y fructosa. Al degradarse

la glucosa se incrementa el ácido láctico y disminuyó el pH con diferencias ($p \leq 0.5$) entre las cepas a las 48 h de fermentación.

Cuadro 2. Cambios registrados durante la fermentación de la matriz a base de mango por las cepas Lp6 y Lp32.

Cepa	Tiempo (h)	°Brix	Azúcares totales	Gluc g 100 g ⁻¹	Fruc g 100 g ⁻¹	Sac g 100 g ⁻¹	pH	Acidez
Testigo	0	13 ^{*A}	11.1 ^A	0.59 ^B	1.5 ^A	9 ^A	4.19 ^A	0.32 ^E
	6	13 ^A	11.2 ^{AB}	0.64 ^B	1.4 ^A	8.1 ^A	4.19 ^A	0.32 ^E
	12	13 ^A	-	-	-	-	4.19 ^A	0.32 ^E
	24	13 ^A	10.6 ^B	0.97 ^A	1.7 ^A	7.9 ^A	4.18 ^A	0.32 ^E
	48	13 ^A	9.5 ^{AB}	1.1 ^A	1.9 ^A	6.6 ^{BC}	4.12 ^B	0.33 ^E
Lp6	0	12.97 ^{AB}	10 ^{AB}	0.53 ^B	1.3 ^{AB}	8.1 ^A	4.19 ^A	0.36 ^E
	6	12.87 ^A	9.1 ^C	0.55 ^B	1.2 ^B	7.4 ^A	4.11 ^C	0.36 ^{DE}
	12	12.81 ^A	-	-	-	-	4.73 ^D	0.5 ^C
	24	12.81 ^B	9.1 ^C	0.79 ^{AB}	1.2 ^B	6.9 ^B	3.57 ^E	0.54 ^C
	48	12.78 ^{BC}	7.5 ^D	0.91 ^A	1.5 ^A	5.1 ^C	3.57 ^E	0.82 ^B
Lp32	0	12.96 ^{AB}	10.1 ^{AB}	0.59 ^B	1.5 ^A	8.2 ^A	4.18 ^A	0.32 ^A
	6	12.87 ^A	9.1 ^C	0.5 ^B	1.3 ^{AB}	7.4 ^A	4.09 ^B	0.35 ^E
	12	12.81 ^A	-	-	-	-	3.71 ^D	0.49 ^{CD}
	24	12.78 ^B	8.6 ^{CD}	0.74 ^{AB}	1.6 ^A	6.3 ^C	3.37 ^F	0.72 ^B
	48	12.71 ^C	8.4 ^{CD}	1.10 ^A	1.8 ^A	5.5 ^C	3.2 ^G	0.98 ^A

Gluc= glucosa; Fruc= fructosa; Sac= sacarosa. Acidez (% ácido láctico). *Media de tres repeticiones. Misma letra por columna es estadísticamente igual (Tukey > 0.05).

El mango contiene principalmente tres azúcares: sacarosa, fructosa y glucosa, sustratos que las bacterias como Lp6 y Lp32 pueden estar utilizando en la producción de ácido láctico, lo que demuestra que ambas cepas pueden ser utilizadas para la obtención de una bebida fermentada a base de mango (Punia *et al.*, 2022).

Crecimiento de las bacterias inoculadas al 1%

La cuenta inicial de las cepas Lp6 y Lp32 fue de 7.7 log₁₀ UFC ml⁻¹, con el máximo crecimiento celular de 4.5 log₁₀ UFC ml⁻¹ a las 12 h de fermentación. Después de alcanzar la fase estacionaria de las bacterias se presentó una disminución a las 24 y 48 h de fermentación, mientras que muestra sin inóculo permaneció sin crecimiento bacteriano. El comportamiento bacteriano se puede deber al descenso en el pH y aumentó en el porcentaje de acidez, lo que ocasiona la inhibición del crecimiento bacteriano, reduciendo las BAL, además de la acumulación de metabolitos (ácido propiónico, acético, láctico y bacteriocinas), que podrían desarrollar un sistema tóxico, se acidifica el citoplasma, aumenta el consumo de energía para mantener el pH y se inhiben reacciones enzimáticas (Punia *et al.*, 2022; Cele *et al.*, 2022).

Color

En el Cuadro 3 se observan que el proceso de fermentación por las cepas Lp6 y Lp32 no afectó el color del jugo de mango, expresada en luminosidad (40.8 a 42.8), valor de a* (0.1-0.4) y ángulo de matiz (°Hue) o color verdadero (87.2-89.5), ubicando a la bebida en un color amarillo, según el círculo de color Minolta (1994).



Cuadro 3. Cambios en las variables de color de la bebida de mango fermentada con cepas Lp6 y Lp32.

	Tiempo (h)	Luminosidad	Valor a *	Valor b *	Cromaticidad	°Hue
Testigo	0	42.8 ^A	0.3 ^A	16 ^C	16 ^C	89 ^A
	6	42.4 ^A	0.4 ^A	17.6 ^A	17.6 ^A	87.2 ^A
	12	42 ^A	0.4 ^A	17.6 ^A	17.6 ^A	88.4 ^A
	24	41.4 ^A	0.4 ^A	14.6 ^{BC}	14.6 ^{BC}	88.6 ^A
	48	42.3 ^A	0.3 ^A	14.2 ^{BC}	14.2 ^{BC}	88.6 ^A
Lp6	0	42.7 ^A	0.3 ^A	17.1 ^{AB}	17.1 ^{AB}	88.8 ^A
	6	41 ^A	0.3 ^A	16.8 ^B	16.8 ^B	88.7 ^A
	12	40.3 ^A	0.3 ^A	16.7 ^B	16.7 ^B	88.8 ^A
	24	41 ^A	0.1 ^A	17.6 ^A	17.6 ^A	89.3 ^A
	48	41.8 ^A	0.1 ^A	14.4 ^{BC}	14.4 ^{BC}	89.7 ^A
Lp32	0	40.8 ^A	0.1 ^A	14.7 ^{BC}	14.7 ^{BC}	89.5 ^A
	6	41.2 ^A	0.4 ^A	15.1 ^C	15.1 ^{BC}	89.4 ^A
	12	41 ^A	0.3 ^A	15.6 ^{AB}	15.6 ^{BC}	89 ^A
	24	41.2 ^A	0.3 ^A	15.1 ^{BC}	15.1 ^{BC}	89.4 ^A
	48	40.8 ^A	0.1 ^A	14.7 ^A	14.7 ^{BC}	89.5 ^A

*Media de tres repeticiones. Misma letra por variable de respuesta es estadísticamente igual (Tukey > 0.05).

Sin embargo, se observó un descenso ($p \leq 0.5$) en el valor de b^* y cromaticidad entre las horas de fermentación, pero no entre las muestras con la cepa y el control a las 48 h de fermentación. Esto sugiere que el proceso de fermentación no afecta el color del jugo. Además, los cambios de color en el jugo, confirman que el proceso de pasteurización fue suficiente para reducir a la actividad enzimática asociada a la oxidación de los pigmentos u otros procesos bioquímicos que afecten la calidad visual del jugo de mango (Managa *et al.*, 2021; Quiros *et al.*, 2017). Cele *et al.* (2022) reportaron una reducción en los valores de color (L^* , a^* y croma) en bebidas de mango cv Sabre y Peach fermentadas con la cepa *Lactiplantibacillus plantarum*, no así cuando usaron mango Tommy Atkins. Los autores señalan que el aumento de la acidez de los jugos fermentados ayuda a protegerse contra el pardeamiento enzimático, en este sentido, los mangos estudiados presentaron diferentes cantidades de azúcares y ácidos orgánicos; asimismo, comentan que productos alimenticios con colores oscuros por efecto enzimático presenten menor probabilidades de ser aceptados por los consumidores.

Conclusiones

Las cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* Lp6 y Lp32 pueden ser utilizadas por su capacidad fermentativa (en referencia al crecimiento celular y porcentaje de ácido láctico) para la elaboración de una bebida funcional a base de mango cv Ataulfo, con buenas características en términos de color, acidez, azúcares, además de otras propiedades sensoriales que ofrecen las bacterias ácido lácticas.

Agradecimientos

Los autores(as) agradecen el apoyo técnico a las MC Rosalba Contreras Martínez y Rosabel Vélez de la Rocha del CIAD Culiacán y al proyecto Núm. 292474 del CONAHCYT-FORDECYT.

Bibliografía

- 1 Ahmed, T.; Sabuz, A. A.; Mohaldar, A.; Fardows, H. S.; Inbaraj, B. S.; Sharma, M.; Rana, M. R. and Sridhar, K. 2023. Development of novel whey mango based mixed beverage: effect of

- storage on physicochemical, microbiological, and sensory analysis. *Foods*. 12(2):237-256. <https://doi.org/10.3390/foods12020237>.
- 2 AOAC, 1990. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. AOAC: Official methods of analysis. 15:69-90.
 - 3 Cele, N. P.; Akinola, S. A.; Manhivi, V. E.; Shoko, T.; Remize, F. and Sivakumar, D. 2022. Influence of lactic acid bacterium strains on changes in quality, functional compounds and volatile compounds of mango juice from different cultivars during fermentation. *Foods*. 11(5):682-701. <https://doi.org/10.3390/foods11050682>.
 - 4 Chen, M.; Xie, C.; He, Q.; Sun, J. and Bai, W. 2023. Improvement in color expression and antioxidant activity of strawberry juice fermented with lactic acid bacteria: A phenolic based research. *Food Chemistry*. 5(17):100535-100545. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100535>.
 - 5 Coban, H. B. 2020. Organic acids as antimicrobial food agents: applications and microbial productions. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 43(4):569-591. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02256-w>.
 - 6 García, C.; Guerin, M.; Souidi, K. and Remize, F. 2020. Lactic fermented fruit or vegetable juices: past, present and future. *Beverages*. 6(1):8-38. <https://doi.org/10.3390/beverages6010008>.
 - 7 García, H. S.; Santiago, L. L.; González, C. F.; Vallejo, C. B. and Hernández, M. A. 2022. Evaluation of a pseudocereal suitability to prepare a functional fermented beverage with epiphytic lactic acid bacteria of huauzontle (*Chenopodium berlandieri* spp. nuttalliae). *LWT-Food Science and Technology*. 155(5):112913-112919. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112913>.
 - 8 Isas, A. S.; Escobar, F.; Alvarez, E. V.; Molina, V.; Mateos, R.; Lizarraga, E.; Mozzi, F. and Van, C. N. 2023. Fermentation of pomegranate juice by lactic acid bacteria and its biological effect on mice fed a high-fat diet. *Food Bioscience*. 11(53):1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102516>.
 - 9 Kumar, B. V.; Sreedharamurthy, M. and Reddy, O. S. 2015. Probiotication of mango and sapota juices using *Lactobacillus plantaru* NCDC LP 20. *Nutrafoods*. 4(14):97-106.
 - 10 Lan, T.; Wang, J.; Bao, S.; Zhao, Q.; Sun, X.; Fang, Y.; Ma, T. and Liu, S. 2023. Effects and impacts of technical processing units on the nutrients and functional components of fruit and vegetable juice. *Food Research International*. 6(168):112784-112813. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112784>.
 - 11 Li, S.; Tao, Y.; Li, D.; Wen, G.; Zhou, J.; Manickam, S.; Han, Y.; Siong, W. and Chai, H. 2021. Fermentation of blueberry juices using autochthonous lactic acid bacteria isolated from fruit environment: fermentation characteristics and evolution of phenolic profiles. *Chemosphere*. 12(276):130090-1300100. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130090>.
 - 12 Managa, M. G.; Akinola, S. A.; Remize, F.; Garcia, C. and Sivakumar, D. 2021. Physicochemical parameters and bioaccessibility of lactic acid bacteria fermented chayote leaf (*Sechium edule*) and pineapple (*Ananas comosus*) smoothies. *Frontier. Nutrition*. 8(120):649189-649202. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.649189>.
 - 13 Minolta. 1994. Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Tokyo, Japan. 51-61 pp.
 - 14 Mwanzia, M.; Kiio, J. and Okoth, E. 2022. Formulation, processing and characterization of fermented probiotic mango juice using selected starter cultures. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. 1(4):86-91. <http://dx.doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.1.437>.
 - 15 Palafox, H. C.; Yahia, E. M. and González, A. G. 2012. Identification and quantification of major phenolic compounds from mango (*Mangifera indica*, cv Ataulfo) fruit by HPLC-DAD-MS/MS-ESI and their individual contribution to the antioxidant activity during ripening. *Food Chemistry*. 1(135):105-111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.103>.
 - 16 Parra, H. R. 2010. Review. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 18(1):1-13.

- 17 Punia, B. S.; Suri, S.; Trif, M. and Ozogul, F. 2022. Organic acids production from lactic acid bacteria: a preservation approach. *Food Bioscience* . 11(46):101615-101630. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101615>.
- 18 Quirós, S. E.; Chen, C. O.; Blumberg, J. B.; Astiazaran, G. H., Wall, M. A. and González, A. G. 2017. Processing 'Ataulfo' mango into juice preserves the bioavailability and antioxidant capacity of its phenolic compounds. *Nutrients*. 9(10):1082-1093. <https://doi.org/10.3390/nu9101082>.
- 19 Sanders, E. R. 2012. Aseptic laboratory techniques: plating methods. *Journal of Visualized Experiments*. 1(63):3064-3081. <https://doi.org/10.3791/3064>.
- 20 Santiago, L. L.; Almada, C. A.; García, H. S.; Mata, H. V.; González, C. F.; Vallejo, C. B. and Hernández, M. A. 2023. Antidepressant and anxiolytic effects of fermented huauzontle, a prehispanic Mexican pseudocereal. *Foods*. 12(1):53-68. <https://doi.org/10.3390/foods12010053>.
- 21 Siller, C. J.; Muy, R. D.; Araiza, L. E.; Báez, S. M.; Rodríguez, J.; Báez, R. and Ireta, O. A. 1994. Evaluación de la calidad de clones de mango introducidos a Sinaloa. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 38(1):37-42.
- 22 Toan, N. B.; Erika, B.; Fekete, N.; Tran, A. T. M.; Rezessy, S. M.; Prasad, R. and Nguyen, Q. D. 2019. Probiotic Beverage from pineapple juice fermented with *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. *Frontiers in Nutrition*. 6(1):54-60. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00054>.
- 23 Yang, X.; Zhou, J. L.; Quin, Z.; Chen, Q. and Zhao, L. 2018. Antioxidant properties of a vegetable-fruit beverage fermented with two *Lactobacillus plantarum* strains. *Food Science and Biotechnology*. 27(2):1719-1726. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0411-4>.



Capacidad fermentativa de cepas específicas de *Lactiplantibacillus plantarum* utilizando mango como materia base

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 April 2024
Date accepted: 01 July 2024
Publication date: 23 July 2024
Publication date: Jul-Aug 2024
Volume: 15
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e3719
DOI: 10.29312/remexca.v15i5.3719
Funded by: CONAHCYT-FORDECYT
Award ID: 292474

Categories

Subject: Artículo

Palabras claves:

Palabras claves:

Mangifera indica
bacterias ácido-lácticas
calidad
fermentación

Counts

Figures: 1
Tables: 3
Equations: 2
References: 23
Pages: 0