

Transformación y agroindustria

Artículo de investigación científica y tecnológica

Aprovechamiento industrial del lactosuero en la elaboración de una bebida láctea fermentada tipo yogur con cristales de *Aloe vera* L. (Asphodelaceae) y *Passiflora ligularis* Juss. (Passifloraceae)

 Katherine Gutiérrez Álzate^{1*},  Luis Alfonso Beltrán Cotta¹,
 Clemente Granados Conde¹

¹Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

* Autor de correspondencia: Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia. Av. Consulado Calle 30 No.48-152. katherinega@ufba.br; cgutierrezalzate@gmail.com

Editor temático: Sebastián Escobar Parra (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Recibido: 06 de mayo de 2019

Aprobado: 09 de octubre de 2020

Publicado: 28 de mayo de 2021

Para citar este artículo: Gutiérrez-Álzate, K., Beltrán-Cotta, L. A., & Granados-Conde, C. (2021). Aprovechamiento industrial del lactosuero en la elaboración de una bebida láctea fermentada tipo yogur con cristales de *Aloe vera* L. (Asphodelaceae) y *Passiflora ligularis* Juss. (Passifloraceae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2), e1489. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1489



Resumen

Actualmente, la industria alimentaria busca la innovación y el aprovechamiento de recursos naturales que sean más económicos. Pensando en ello, este trabajo tuvo como finalidad el aprovechamiento industrial del lactosuero mediante la elaboración de una bebida láctea fermentada tipo yogur con cristales de *Aloe vera* L. (Asphodelaceae) y *Passiflora ligularis* Juss. (Passifloraceae). Para esto, se extrajeron cristales de *A. vera* y pulpa de granadilla, y se adicionaron a las cuatro formulaciones establecidas. Se realizaron análisis fisicoquímicos, bromatológicos, microbiológicos y sensoriales (prueba hedónica). Las formulaciones que tuvieron mayor contenido de *A. vera* (F4) y granadilla (F2) presentaron los mejores resultados en las propiedades bromatológicas, microbiológicas y sensoriales. Se estableció que los cristales de *A. vera* y la pulpa de granadilla pueden ser de gran valor industrial, dado que su adición mejoró las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas, microbiológicas y sensoriales de la bebida láctea fermentada tipo yogur.

Palabras clave: almacenamiento, evaluación sensorial, pasteurización, propiedades microbiológicas, temperatura

Industrial use of whey in the production of a yogurt-type fermented milk drink with *Aloe vera* L. (Asphodelaceae) crystals and *Passiflora ligularis* Juss. (Passifloraceae)

Abstract

Currently, the food industry searches for innovation and the use of natural and more economical resources. With this in mind, the industrial application of whey was used to elaborate a yogurt-type fermented milk drink with *Aloe vera* L. crystals (Asphodelaceae) and *Passiflora ligularis* Juss. (Passifloraceae). For this purpose, *A. vera* crystals and granadilla or passionfruit pulp, were extracted and added to the four formulations established. Physicochemical, bromatological, microbiological, and sensory analyses (hedonic test) were carried out. The formulations with the highest content of *A. vera* (F4) and granadilla (F2) showed the best results in bromatological, microbiological, and sensory properties. The *A. vera* crystals and the granadilla pulp are of great industrial value due to the improvement that their addition gave to the physicochemical, bromatological, microbiological, and sensory properties of the yogurt-type fermented milk drink.

Keywords: microbiological properties, pasteurization, sensory evaluation, storage, temperature

Introducción

La producción de bebidas lácteas obtenidas mediante la fermentación de lactosuero ha crecido significativamente a nivel mundial debido a la sencillez de su proceso y, sobre todo, a su excelente aceptación por parte de los consumidores (Boynton & Novakovic, 2014; Janiaski et al., 2016). El lactosuero es un subproducto que se obtiene, por lo general, en las industrias queseras artesanales y se considera una materia prima de bajo valor, por lo cual es con frecuencia desechado en fuentes de agua o alcantarillados y causa así serios problemas de contaminación. A pesar de poseer lactosa en cantidades significativas como carbohidratos estructurales que permiten el crecimiento y la multiplicación de las bacterias del ácido láctico, se usa principalmente para la alimentación animal (Arce-Méndez et al., 2016; Miranda et al., 2014). El desconocimiento del productor sobre las propiedades nutricionales del lactosuero y la falta de recursos para acceder a tecnologías adecuadas para su manejo y procesamiento generan la pérdida de este subproducto (Mazorra-Manzano et al., 2019; Poveda, 2013).

En la industria alimentaria, el *Aloe vera* L. (Asphodelaceae) o sábila y sus derivados (p. ej., gel) tienen diversas aplicaciones debido a su amplia variedad de propiedades nutricionales. Esta planta se ha utilizado como complemento alimenticio en jugos, bebidas, cápsulas y geles, y se consume fresca o como ingrediente en preparaciones culinarias (ensaladas y productos de repostería) por su contenido de vitaminas y minerales. Por tanto, se considera una materia prima o el ingrediente principal en la elaboración de alimentos funcionales (Acevedo et al., 2017; Bonilla & Jiménez, 2016; Sánchez & Caballero, 2020). Los subproductos de esta especie suelen extraerse mediante procesos de calentamiento, deshidratación o trituración, que pueden afectar de forma irreversible los componentes bioactivos, incluidos los polisacáridos y los compuestos antioxidantes, lo que produce cambios en las propiedades bioquímicas del producto (Serván, 2018; Villa-Uvidia et al., 2020).

El género *Passiflora* L., que pertenece a la familia Passifloraceae, tiene diferentes especies con interés industrial. Después del maracuyá amarillo (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener), la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) ocupa el segundo lugar en importancia económica por su participación en los mercados nacionales e internacionales. Es una fruta que contiene múltiples semillas rodeadas de un arilo dulce con grandes atributos organolépticos y que se consume en su mayoría como fruta fresca (Arias et al., 2016; Gaona-Gonzaga et al., 2020). Se produce principalmente en Colombia y en 2018 alcanzó una producción nacional de 47.458,04 t; el departamento de Huila fue el principal productor con 23.674,55 t, seguido de Nariño, Cundinamarca y Antioquia, según las estadísticas reportadas por Agronet (2020).

En general, la información obtenida permitió diseñar un estudio en el que se podría utilizar la lactosa. Esto resulta de gran importancia para el sector industrial, ya que permite el aprovechamiento de este subproducto, que suele descartarse y genera importantes daños al medioambiente. El lactosuero puede aprovecharse junto con los cristales de *A. vera* mediante técnicas que utilizan los nutrientes de esta planta y los de la granadilla para obtener una bebida láctea fermentada tipo yogur con los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, bromatológicos y sensoriales adecuados en este tipo de producto. El objetivo de este trabajo fue usar de forma industrial el lactosuero en la elaboración de una bebida láctea fermentada tipo yogur con cristales de *A. vera* y pulpa de *P. ligularis*.

Materiales y métodos

Materia prima y extracción de cristales de *Aloe vera* y pulpa de granadilla

El lactosuero dulce utilizado para elaborar la bebida láctea fermentada tipo yogur se obtuvo de una quesería local, mientras que el resto del material se consiguió en el mercado local de Cartagena de Indias (Colombia).

Las hojas de *A. vera* (de plantas de 2 o 3 años) se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio durante 3-5 min para eliminar cualquier contaminación. Luego, se eliminó el contenido de aloína y las hojas se dejaron en agua durante 24 horas. Pasado este tiempo, se retiró la epidermis y se cortó la pulpa en cubos de 1,5 × 1,5 × 1,5 cm para obtener los denominados “cristales de *Aloe vera*” en la región Caribe colombiana.

Por su parte, las granadillas en estados de madurez 7 y 8 y tamaños similares fueron lavados de la misma forma que las hojas de *A. vera*. Luego, se escaldaron en agua a 100 °C durante 5 min. Posteriormente, se llevaron a una máquina despulpadora (CI Talsa D1000) para extraer la pulpa, la cual no se pasteurizó.

Formulación y elaboración de la bebida láctea fermentada tipo yogur

Las formulaciones de bebidas evaluadas se pueden observar en la tabla 1. Los porcentajes se basan en % p/v en relación con el lactosuero dulce.

Tabla 1. Formulaciones (F) de bebidas lácteas fermentadas tipo yogur evaluadas

Componente	F1	F2	F3	F4
Lactosuero (%)	100	100	100	100
Azúcar (%)	4	4	4	4
Cultivo láctico (%)	5	5	5	5
Leche en polvo semidesnatada (%)	23	23	23	23
<i>Aloe vera</i> (%)	0	7,5	10	12,5
Granadilla (%)	0	12,5	10	7,5

Fuente: Elaboración propia

El lactosuero dulce se pasteurizó a una temperatura de $62 \pm 0,5$ °C durante 30 min. Posteriormente, se le adicionó azúcar y leche semidesnatada en polvo hasta obtener una solución homogénea. Al producto resultante, se le añadió el cultivo láctico (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) obtenido de un cultivo madre. El proceso de fermentación se llevó a cabo durante 210 min (3,5 h) a $44,5 \pm 1,0$ °C. Una

vez finalizado este proceso, se adicionaron los porcentajes de cristales de *A. vera* y pulpa de granadilla según las formulaciones establecidas (tabla 1).

Evaluaciones fisicoquímicas y bromatológicas

Los análisis se realizaron según los métodos de la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1990) de la siguiente manera: pH (943,02), porcentaje de acidez titulable (942,15), proteína (979,09), humedad (927,05), ceniza (923,03), grasa (920,39), carbohidratos (por diferencia), Na (985,35), Mg (985,35), K (985,35), Fe (944,02), Ca (944,03) y vitamina C (método titrimétrico del 2,6-dicloroindofenol). Además, se determinó el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) de acuerdo con Repo y Encina (2008).

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos realizados sobre el producto terminado según la Norma Técnica Colombiana 805 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec], 2005) fueron los siguientes: coliformes totales (Icontec, 2007), y mohos y levaduras (Icontec, 1997).

Análisis sensorial

Para determinar la aceptabilidad sensorial de las cuatro muestras o formulaciones, se eligió una prueba hedónica de cinco puntos, que van desde “Me disgusta mucho” (puntuación de 1) hasta “Me gusta mucho” (puntuación de 5). Se eligieron cincuenta personas de ambos sexos, entre 20 y 30 años, para realizar esta prueba. Los parámetros a evaluar fueron color, olor, viscosidad, acidez y aceptabilidad general.

Comportamiento de almacenamiento

En esta prueba se utilizó la metodología propuesta por Parra (2013) con algunas modificaciones. Una vez elegida la muestra con mejor aceptación por parte del consumidor, se realizaron pruebas de pH (943,02) y acidez titulable (942,15) mediante los métodos de la AOAC (1990) durante 21 días a 4 °C. Las mediciones se realizaron cada siete días por triplicado. De esta forma, se estableció la vida útil del yogur que obtuvo la mejor calificación de los consumidores.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) estándar. Su significancia estadística se estableció mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %, para lo cual se empleó el programa estadístico Statgraphic Centurion XVII.I. Todas las pruebas se realizaron por triplicado

Resultados y discusión

Propiedades fisicoquímicas

En la figura 1 se muestra el comportamiento del pH durante el proceso de fermentación de la bebida láctea fermentada tipo yogur; se observa una disminución lineal a lo largo de 210 min. La bebida láctea registró un valor de pH de 7,26 en su etapa inicial, el cual disminuyó lentamente durante el proceso de fermentación a una temperatura de $44,5 \pm 1$ °C hasta alcanzar un valor de 5,47 al final del periodo de fermentación. En este proceso, el pH no cambió abruptamente, ya que la temperatura se mantuvo entre el rango óptimo indicado en otros estudios para un adecuado desarrollo de microorganismos en este producto (Adamberg et al., 2003; Hoyos et al., 2010). El fenómeno de disminución del pH se debe a la fermentación de la lactosa generada por las bacterias del ácido láctico (BAL) que se encuentran en el yogur (*L. bulgaricus* y *S. thermophilus*). Estas actúan sobre los carbohidratos existentes y pueden producir ácidos que eventualmente aumentan la concentración de H^+ en el cultivo (Østlie et al., 2003; Vahedi et al., 2008; Widyastuti & Febrisiantosa, 2014; Zapata et al., 2015).

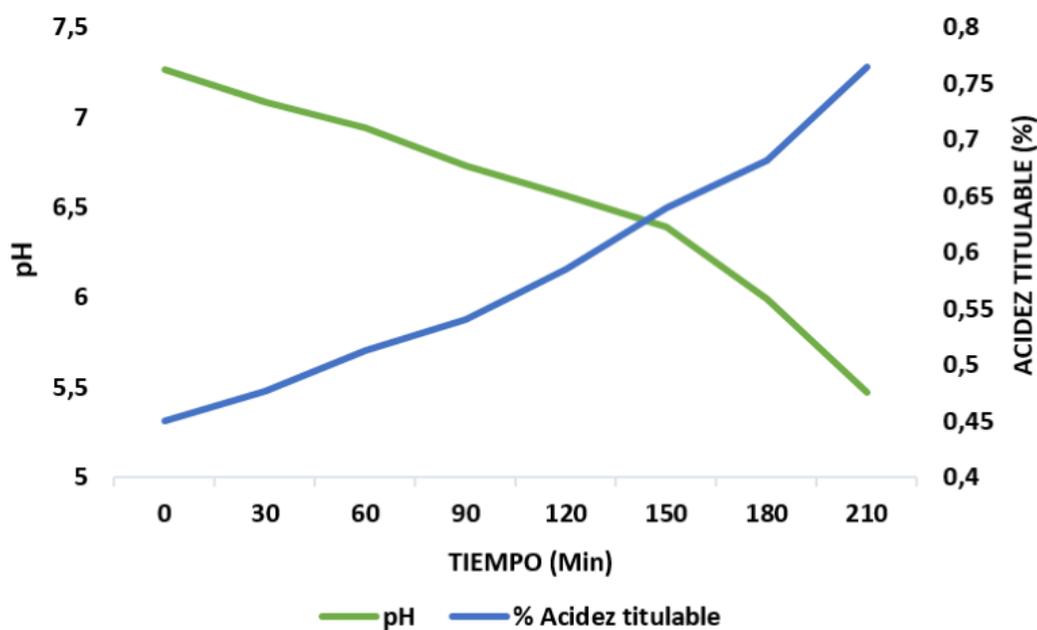


Figura 1. Variación del pH y porcentaje de acidez titulable durante el proceso de fermentación.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 1 también se puede ver el aumento en el porcentaje de acidez titulable expresado como porcentaje de ácido láctico durante el proceso de fermentación. El porcentaje de acidez observado al final de la fermentación fue de 0,765. Esto indica que los niveles de ácido láctico se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Colombiana 805, la cual estipula que el porcentaje mínimo de acidez debe ser de 0,60 para los productos lácteos. Los resultados obtenidos evidenciaron el crecimiento

del porcentaje de acidez desde 0,45 al inicio de la fermentación hasta 0,765 a los 210 min, tiempo en el cual finalizó la fase de incubación bacteriana. Este último valor es superior al obtenido por Miranda et al. (2014), quienes, al elaborar una bebida fermentada a partir de lactosuero, *L. acidophilus* y *S. thermophilus* con una acidez titulable de 0,63, establecieron que el contenido de nutrientes y proteínas en el lactosuero puede generar el buen comportamiento de las bacterias lácticas.

Propiedades bromatológicas

Las propiedades bromatológicas de las cuatro formulaciones de la bebida láctea fermentada tipo yogur evaluadas se muestran en la tabla 2. El *Aloe vera* y la granadilla influyeron en los parámetros evaluados debido a las diferencias estadísticas ($p < 0,05$) encontradas entre las muestras.

Tabla 2. Propiedades bromatológicas de las cuatro formulaciones (F) de la bebida láctea fermentada tipo yogur

Propiedad	F1	F2	F3	F4
Humedad (%)	82,55 ± 0,2a	80,43 ± 0,03b	80,33 ± 0,05b	80,37 ± 0,13b
Proteína (%)	3,82 ± 0,05a	5,46 ± 0,04b	5,34 ± 0,03c	5,03 ± 0,03d
Grasa (%)	4,17 ± 0,12a	4,17 ± 0,1a	4,12 ± 0,11a	4,16 ± 0,15a
Carbohidratos (%)	5,39 ± 0,02a	5,35 ± 0,10a	5,2 ± 0,16a	5,2 ± 0,12a
Ceniza (%)	4,54 ± 0,12a	5,43 ± 0,13b	5,4 ± 0,09b	5,27 ± 0,06b
Vitamina C (mg)	3,74 ± 0,27a	24,04 ± 0,69b	20,44 ± 0,38c	15,63 ± 0,45d
Ca (mg)	109,62 ± 1,97a	150,28 ± 2,68b	133,11 ± 2,96c	117,81 ± 2,57d
Fe (mg)	87,83 ± 2,44a	137,93 ± 3,13b	129,43 ± 3,64c	103,11 ± 1,94d
K (mg)	145,26 ± 2,78a	256,84 ± 2,52b	302,22 ± 2,14c	348,31 ± 2,92d
Mg (mg)	12,58 ± 1,11a	23,84 ± 1,71b	34,63 ± 2,09c	40,80 ± 1,55d
Na (mg)	56,93 ± 1,61a	61,5 ± 2,02b	66,60 ± 1,95c	73,10 ± 2,72d
DPPH (μmol trolox/100 g de extracto)	0,17 ± 0,01a	22,8 ± 0,45b	18,03 ± 0,37c	15,2 ± 0,12d

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo.

Nota. Letras similares en la misma fila indican una diferencia estadísticamente significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); n = 3; promedio ± desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

La muestra F2 obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) y mayores porcentajes de proteína, contenidos de vitamina C, Ca, Fe y capacidad antioxidante (DPPH) en comparación con las otras muestras. Esto se debe a que F2 contenía el mayor porcentaje de granadilla (12,5 %) y esta fruta es rica en macro- y micronutrientes. Además, los cristales de *A. vera* también poseen vitamina C y antioxidantes (Cabrera et al., 2014; Carvajal et al., 2014; López et al., 2006; Vega-Gálvez et al., 2011). La muestra F4 mostró los valores estadísticamente más altos ($p < 0,05$) para K, Mg y Na con respecto a los

otros tratamientos o formulaciones. Estos altos porcentajes se deben a que esta muestra presentó el mayor porcentaje de cristales de *A. vera* (12,5 %), que aporta dichos minerales al producto (Miranda et al., 2009; Vega et al., 2005; Zhang et al., 2018).

En cuanto al contenido de humedad, F1 mostró el valor más alto. En cambio, en cuanto al contenido de cenizas, las muestras F2, F3 y F4 mostraron una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto a F1, debido a los porcentajes de ceniza que tienen la granadilla y el *A. vera* (Carvajal et al., 2014; Miranda et al., 2009). En relación con los porcentajes de carbohidratos y grasas, no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Estos resultados son similares a los reportados por Miranda et al. (2014) y Tirado et al. (2015).

Propiedades microbiológicas

Los resultados de la evaluación microbiológica se muestran en la figura 2. La bebida láctea fermentada cumplió con los requisitos microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Colombiana 805, ya que, según las pruebas de moho y levadura (límite de 500 UFC/mL), las muestras registraron valores por debajo del límite permitido. Asimismo, en las pruebas de coliformes totales (límite de 100 UFC/mL), los valores estuvieron dentro del límite. Las muestras con mayor contenido de *A. vera* (F2, F3 y F4) tuvieron menos contaminación que la muestra control (figura 2); según Shaaban et al. (2010), esto puede deberse a las propiedades antimicrobianas del *A. vera*.

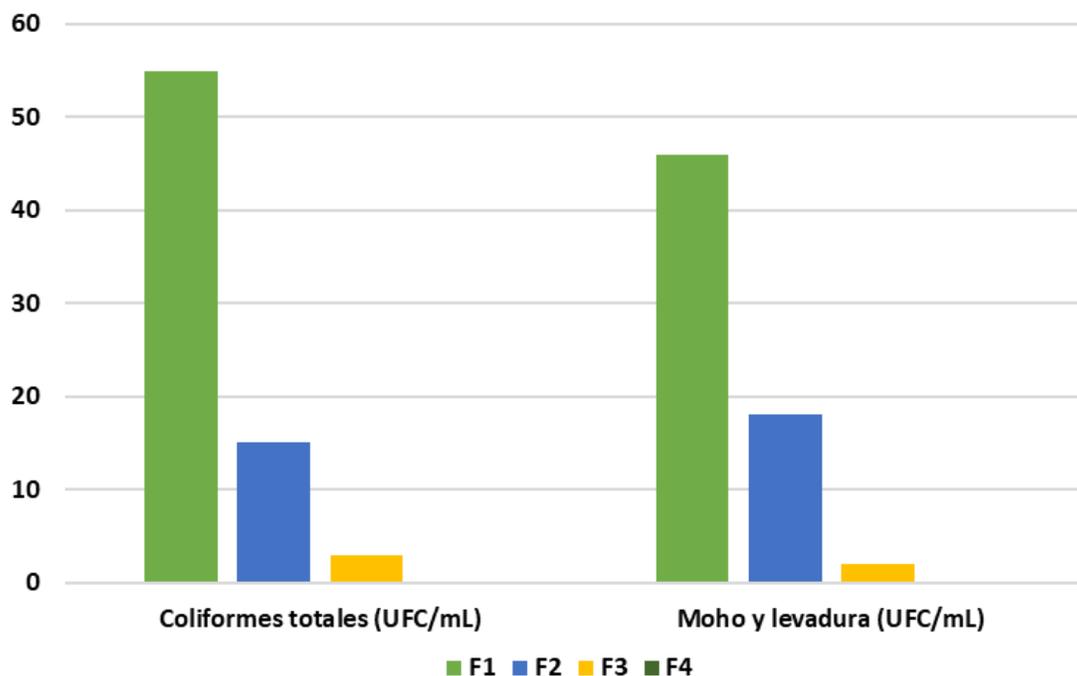


Figura 2. Propiedades microbiológicas de las cuatro formulaciones de la bebida láctea fermentada tipo yogur

Fuente: Elaboración propia

La bebida láctea fermentada tipo yogur presentó una baja cantidad de coliformes totales, lo que evidencia la adecuada calidad higiénica con la que fue elaborada. Los resultados del conteo de coliformes fueron similares a los reportados por Mukhekar et al. (2018) en la elaboración de un producto de yogur enriquecido con *A. vera*.

Propiedades sensoriales

Los resultados del análisis sensorial se presentan en la tabla 3. La formulación F4 obtuvo la mejor puntuación en todos los parámetros debido a que solo tuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) sobre las otras muestras en olor, acidez y aceptabilidad general. En cuanto al color, se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre la muestra blanca (F1) y el resto. Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en la viscosidad.

Tabla 3. Propiedades sensoriales de las muestras de las cuatro formulaciones (F) de la bebida láctea fermentada tipo yogur

	Color	Olor	Viscosidad	Acidez	Aceptabilidad general
F1	3,73 ± 0,07a	3,43 ± 0,07a	4,05 ± 0,05a	3,69 ± 0,08a	3,07 ± 0,07a
F2	4,09 ± 0,07b	3,90 ± 0,1b	4,05 ± 0,13a	3,82 ± 0,19a	3,88 ± 0,10b
F3	4,08 ± 0,04b	4,06 ± 0,05c	4,03 ± 0,1a	3,84 ± 0,04a	3,81 ± 0,08b
F4	4,19 ± 0,18b	4,43 ± 0,08d	4,18 ± 0,05a	4,22 ± 0,08b	4,37 ± 0,41c

Nota. Letras similares en la misma columna simbolizan una diferencia estadísticamente significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); n = 50; promedio ± desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

Cuando existe un mayor contenido de *A. vera*, la valoración de los panelistas también es mayor. Esto coincide con los hallazgos de Parra (2014), quien indicó que el *A. vera* proporciona características sensoriales que el yogur no posee.

Comportamiento durante el almacenamiento

El comportamiento del pH y la acidez titulable durante el almacenamiento se muestran en la figura 3. Se registró una disminución lineal lenta en el pH, desde 5,47 y 5,36 hasta 5,17 y 5,12 durante el almacenamiento para las formulaciones F1 y F4, respectivamente. Estos valores fueron superiores a los reportados por Marulanda et al. (2016) y Ruiz y Ramírez (2009). Varios autores consideran que la acidificación durante el almacenamiento puede deberse a que las enzimas residuales producidas por los iniciadores durante la fermentación permanecen activas a temperaturas entre 0-5 °C (Kailasapathy, 2006; Vahedi et al., 2008).

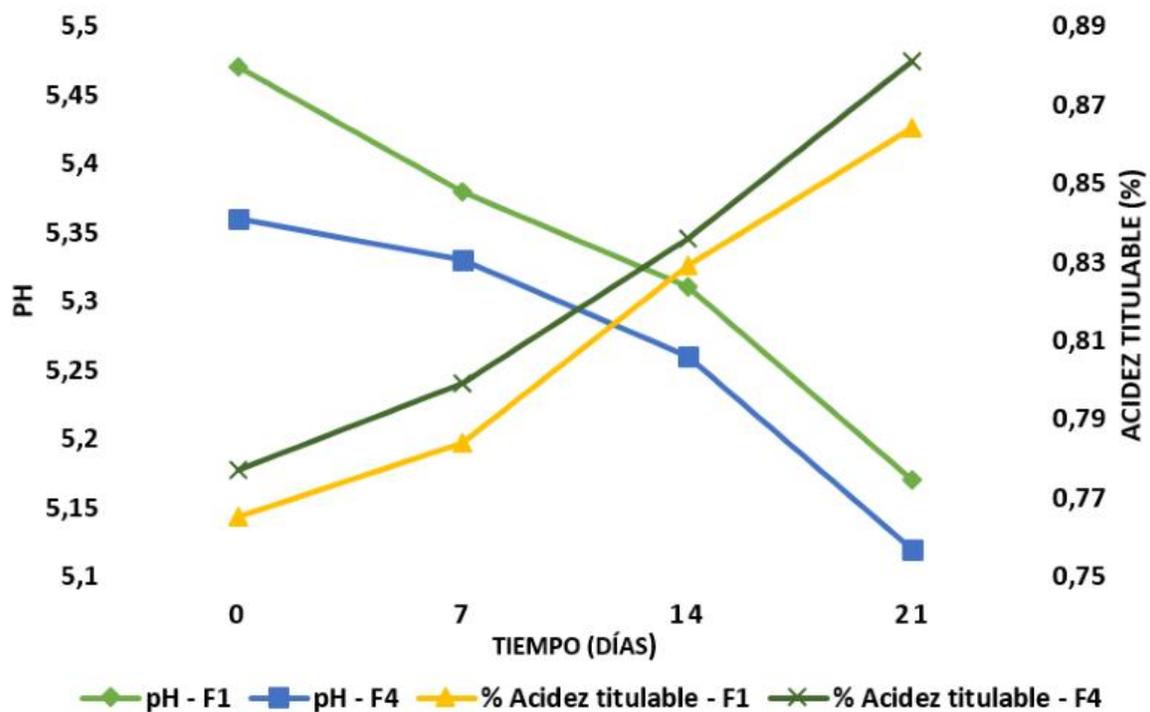


Figura 3. Variación del pH y porcentaje de acidez durante el almacenamiento de las cuatro formulaciones de la bebida láctea fermentada tipo yogur.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el porcentaje de acidez mostró un incremento lineal, con un valor inicial de 0,765-0,864 para F1, y de 0,777-0,881 para F4. Estas cifras son similares a las encontradas por Londoño et al. (2008) y Londoño et al. (2017), quienes elaboraron bebidas fermentadas a partir de lactosuero con probióticos y obtuvieron un porcentaje de acidez de 0,90 al día 21. Los cristales de *A. vera* influyeron en el pH y la acidez, ya que los polisacáridos presentes en esta especie estimularon la actividad metabólica de los microorganismos (Wijesundara & Adikari, 2017; Yadav et al., 2007).

En el presente estudio, la acidez no superó el valor estipulado en Colombia por la Resolución 2310 de 1986, la cual indica que el porcentaje máximo que debe tener una bebida láctea fermentada es de 1,50. En cuanto al pH, no existen regulaciones vigentes en Colombia que estipulen un valor máximo. Por tanto, la bebida láctea fermentada tipo yogur tuvo una vida útil de más de 21 días a 4 °C.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso de lactosuero dulce, *Aloe vera* y granadilla (*Passiflora ligularis*) como ingredientes principales en diferentes productos elaborados puede ser de gran valor industrial debido a la favorabilidad de las diferentes propiedades que se evaluaron en la bebida láctea fermentada tipo yogur. En cuanto a las propiedades bromatológicas, las muestras F2 y F4 presentaron los mejores valores. La muestra F4 obtuvo los mejores resultados en las propiedades microbiológicas y

sensoriales, y exhibió un buen comportamiento durante el almacenamiento. Como se evidencia en todos los parámetros evaluados, F4 (12,5 % de cristales de *A. vera* y 5,5 % de pulpa de granadilla) fue considerada la mejor muestra entre todas las evaluadas.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Cartagena, por su apoyo en la realización de esta investigación.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores hicieron contribuciones significativas al documento, están de acuerdo con su publicación y declaran no tener ningún conflicto de interés en este estudio.

Referencias

- Acevedo, D., Montero, P., Atencio, M., Álvarez, M., & Rodríguez, J. (2017). Elaboración de un producto cárnico tipo salchicha con incorporación de harina de garbanzo y gel de *Aloe vera*. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(1), 5-16. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2017.2947>
- Adamberg, K., Kask, S., Laht, T. M., & Paalme, T. (2003). The effect of temperature and pH on the growth of lactic acid bacteria: a pH-auxostat study. *International Journal of Food Microbiology*, 85(1-2), 171-183. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00537-8](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00537-8)
- Agronet. (2020). Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo. Granadilla. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Arce-Méndez, J. R., Thompson-Vicente, E., & Calderón-Villaplana, S. (2016). Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 61-71. <https://doi.org/10.15517/AM.V27I1.21878>
- Arias, J., Ocampo, J., & Urrea, R. (2016). Sistemas de polinización en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) como base para estudios genéticos y de conservación. *Acta Agronómica*, 65(2), 197-203. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.49278>
- Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1990). *Official methods of analysis of the AOAC* (15th ed.).
- Bonilla, M. J., & Jiménez, L. G. (2016). Potencial industrial del *Aloe vera*. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(1), 139-150. <http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/13/14>
- Boynton, R. D., & Novakovic, A. M. (2014). *Industry evaluations of the status and prospects for the burgeoning New York Greek-style yogurt industry*. Cornell University. <https://hdl.handle.net/1813/65488>
- Cabrera, S. A., Sandoval, A. P., & Forero, F. (2014). Potencial antioxidante y antimicrobiano de extractos acuosos e hidroalcohólicos de granadilla (*Passiflora ligularis*). *Acta Agronómica*, 63(3), 1-11. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n3.41976>

- Carvajal, L. M., Turbay, S., Álvarez, L. M., Rodríguez, A., Álvarez, J. M., Bonilla, K., Restrepo, S., & Parra, M. (2014). Relación entre los usos populares de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y su composición fitoquímica. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 185-196. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biologia/article/view/335>
- Gaona-Gonzaga, P., Vásquez-Rojas, L., Aguayo-Pacas, S., Viera-Arroyo, W., Viteri-Díaz, P., Sotomayor-Correa, A., Medina-Rivera, L., Mejía-Bonilla, P., & Cartagena-Ayala, Y. (2020). Respuesta del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) cultivar “Colombiana” al suministro de nitrógeno y potasio por fertirriego. *Manglar*, 17(1), 75-82. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.012>
- Hoyos, J. L., Agudelo, C., & Ortega, R. (2010). Determinación de parámetros cinéticos de dos inóculos lácticos: *Lactobacillus plantarum* A6 y bacterias ácido lácticas de yogurt. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 8-16. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biologia/article/view/743>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (1997). *Norma Técnica Colombiana 4132. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25 °C.*
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (2005). *Norma Técnica Colombiana 805. Productos lácteos – Leches fermentadas.*
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (2007). *Norma Técnica Colombiana 4458. Método para el recuento de coliformes y Escherichia coli.*
- Janiaski, D. R., Pimentel, T. C., Cruz, A. G., & Prudencio, S. H. (2016). Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: what is the sensory profile of the ideal product? *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5273-5283. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10097>
- Kailasapathy, K. (2006). Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*, 39(10), 1221-1227. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.013>
- Londoño, M. M., Sepúlveda, J. U., & Hernández, A. (2017). Utilización del suero de queso fresco en la elaboración de bebida fermentada con cultivos probióticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 20(2), 53-57.
- Londoño, M. M., Sepúlveda, J. U., Hernández, A., & Parra, J. E. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4409-4421. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24741>
- López, M., Beltrán, M., Cardona, J., & Yepes, H. (2006). La fruta de la pasión, potencial contribución de la naturaleza a la seguridad alimentaria. *Investigaciones Andina*, 8(12), 57-66. <https://doi.org/10.33132/01248146.183>
- Marulanda, M., Granados, C., & García-Zapateiro, L. A. (2016). Análisis sensorial y estimación fisicoquímica de vida útil de una bebida tipo yogur a base de lactosuero dulce fermentada con *Streptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus* y *Lactobacillus casei* ssp. *casei*. *Producción + Limpia*, 11(1), 94-102. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n1a9>
- Mazorra-Manzano, M. Á., Ramírez-Montejo, H., Lugo-Sánchez, M. E., González-Córdova, A. F., & Vallejo-Córdova, B. (2019). Characterization of whey and whey cheese requesón from the production of asadero cheese (cooked cheese) Sonoran region. *Nova Scientia*, 11(23), 220-233. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.2072>

- Miranda, M., Maureira, H., Rodríguez, K., & Vega-Gálvez, A. (2009). Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) gel. *Journal of Food Engineering*, 91(2), 297-304. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.007>
- Miranda, O. M., Fonseca, P. L., Ponce, I., Cedeño, C., Rivero, L. S., & Vázquez, L. M. (2014). Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de leche que incorpora *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 24(1), 7-16. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubanut/can-2014/can141b.pdf>
- Mukhekar, A., Dasale, R., & Bhosale, S. (2018). Effect on sensory and microbial properties of yogurt fortified with *Aloe vera*. *The Pharma Innovation Journal*, 7(10), 146-148. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue10/PartC/7-9-58-746.pdf>
- Østlie, H., Helland, M. H., & Narvhus, J. (2003). Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk. *International Journal of Food Microbiology*, 87, 17-27. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00044-8](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00044-8)
- Parra, R. (2013). Efecto del té verde (*Camellia sinensis* L.) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogurt durante el almacenamiento bajo refrigeración. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 11(1), 56-64. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2013.383>
- Parra, R. A. (2014). Encapsulación de sábila (*Aloe vera*) y su efecto durante la incubación de yogur. *Cultura Científica*, 12, 66-73. https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/Cult_cient/article/view/154
- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 397-403. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>
- Repo, R., & Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124.
- Resolución 2310. (1986). "Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos". Ministerio de Salud de Colombia.
- Ruiz, J. A., & Ramírez, A. O. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(2), 223-242. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26806>
- Sánchez, M. A., & Caballero, L. A. (2020). Uso de cristales de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) en la elaboración de un relleno líquido para bombom de chocolate. *@limentech*, 17(2), 80-93. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2019.3886>
- Serván, M. A. (2018). Interés farmacéutico de los mucílagos [tesis de pregrado, Depósito de Investigación Universidad de Sevilla]. Universidad de Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/82306>
- Shaaban, M., Fattah, A. E., Sree, A., Hassan, Y., Bayoum, H. M., & Eissa, H. A. (2010). The use of lemongrass extracts as antimicrobial and food additive potential in yoghurt. *Journal of American Science*, 6(11), 582-594. http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0611/91_3965am0611_582_594.pdf

- Tirado, D. F., Granados, C., Acevedo, D., Marulanda, M., & De la Hoz, E. (2015). Elaboración de una bebida láctea a base de lactosuero fermentado usando *Streptococcus salivarius* ssp., *Thermophilus* y *Lactobacillus casei* ssp. *casei*. *@limentech*, 13(1), 13-19. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2015.1612>
- Vahedi, N., Tehrani, M. M., & Shahidi, F. (2008). Optimizing of fruit yoghurt formulation and evaluating its quality during storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(6), 922-927. [https://www.idosi.org/aejaes/jaes3\(6\)/20.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes3(6)/20.pdf)
- Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., & Lemus, R. (2005). El aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de Nutrición*, 32(3), 208-214. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000300005>
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Aranda, M., Henriquez, K., Vergara, J., Tabilo-Munizaga, G., & Pérez-Won, M. (2011). Effect of high hydrostatic pressure on functional properties and quality characteristics of aloe vera gel (*Aloe barbadensis* Miller). *Food Chemistry*, 129(3), 1060-1065. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.074>
- Villa-Uvidia, D. N., Osorio-Rivera, M. A., & Villacis-Venegas, N. Y. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 503-524. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1181>
- Widyastuti, Y., & Febrisiantosa, A. (2014). The role of lactic acid bacteria in milk fermentation. *Food and Nutrition Sciences*, 5(4), 435-442. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.54051>
- Wijesundara, W., & Adikari, A. (2017). Development of aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) incorporated drinking yoghurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 7(11), 334-342. <http://www.ijsrp.org/research-paper-1117/ijsrp-p7143.pdf>
- Yadav, H., Jain, S., & Sinha, P. R. (2007). Evaluation of changes during storage of probiotic dahi at 7 °C. *International Journal of Dairy Technology*, 60(3), 205-210. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2007.00325.x>
- Zapata, I. C., Sepúlveda-Valencia, U., & Rojano, B. A. (2015). Efecto del tiempo de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas, probióticas y antioxidantes de yogurt saborizado con mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw). *Información Tecnológica*, 26(2), 17-28. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200004>
- Zhang, Y., Bao, Z., Ye, X., Xie, Z., He, K., Mergens, B., Li, W., Yacilla, M., & Zheng, Q. (2018). Chemical investigation of major constituents in *Aloe vera* leaves and several commercial aloe juice powders. *Journal of AOAC International*, 101(6), 1741-1751. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0122>