

Artículo Científico

Evaluación y caracterización fisicoquímica, nutracéutica, microbiológica y sensorial de una bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales

Evaluation and physicochemical, nutraceutical, microbiological and sensory characterization of a beverage formulated from agroindustrial by-products

Cynthia Torres-Alvarez¹, Guadalupe Gutiérrez-Soto¹, Marco Antonio Almaraz-Juárez¹, Guillermo Niño-Medina¹ Sandra Castillo², Pablo Alan Rodríguez-Salinas^{1*}

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco Villa s/n, Ex-Hacienda "El Canadá", General Escobedo NL C.P. 66050, México

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza NL C.P. 66455, México.

*Correspondencia: prodriguez@uanl.edu.mx (Pablo Alan Rodríguez-Salinas)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i4.1678>

Recibido: 27 de septiembre de 2024; Aceptado: 27 de diciembre de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. Miguel Ángel Sánchez-Madrigal

Resumen

En la actualidad, la agroindustria del queso y juguera producen subproductos como el lactosuero y bagazo de naranja que son desechados y desperdiciados ocasionando contaminación ambiental. Debido a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue desarrollar una bebida, a partir del lactosuero y bagazo de naranja. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, densidad y °Brix), la calidad nutracéutica (compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, DPPH y ABTS), composición química (proteína, grasa, fibra), calidad microbiológica (mesófilos aerobios, coliformes, bacterias acidolácticas, bacterias psicrófilas, hongos y levaduras), propiedades reológicas y calidad sensorial durante su almacenamiento. Los resultados obtenidos de densidad (1.05 g mL^{-1}), °Brix (13.6), pH (4.8) y acidez (0.79 g L^{-1}), microbiológicos y viscosidad se mantuvieron constantes. Los valores obtenidos en la composición química se mostraron en porcentajes bajos; el contenido promedio de compuestos fenólicos totales ($2611.46 \text{ mg EAG L}^{-1}$), capacidad antioxidante DPPH ($573.59 \text{ } \mu\text{mol ET L}^{-1}$) y ABTS ($5288.78 \text{ } \mu\text{mol ET L}^{-1}$) disminuyeron durante el almacenamiento. Asimismo, la bebida en cuanto a color, sabor, olor, textura y apariencia obtuvo una aceptabilidad

sensorial media. El suero dulce de leche y el subproducto del jugo de naranja pueden ser aprovechados como materias primas económicas para desarrollar nuevos productos alimenticios.

Palabras clave: bebida, bagazo de naranja, lactosuero.

Abstract

Currently, the cheese and juice agribusiness produce by-products such as whey and orange bagasse that are discarded and wasted, causing environmental pollution. Due to the above, the objective of this research was to develop a drink from sweet whey and orange bagasse. Physicochemical parameters (pH, acidity, density and °Brix), nutraceutical quality (total phenolic compounds, total flavonoids, DPPH and ABTS), chemical composition (protein, fat, fiber), microbiological quality (aerobic mesophiles, coliforms, lactic acid bacteria, psychrophilic bacteria, fungi and yeasts) rheological properties and sensory quality were evaluated. The results obtained of density (1.05 g mL^{-1}), °Brix (13.6), pH (4.8) and acidity (0.79 g L^{-1}), microbiological and viscosity remained constant; the values obtained in the chemical composition were shown in low percentages. The average content of total phenols ($2611.46 \text{ mg EAG L}^{-1}$), antioxidant capacity DPPH ($573.59 \text{ } \mu\text{mol ET L}^{-1}$) and ABTS ($5288.78 \text{ } \mu\text{mol ET L}^{-1}$) decreased during storage. Likewise, the beverage in terms of color, flavor, smell, texture and appearance obtained a medium sensory acceptability. Sweet whey and the byproduct of orange juice can be used as economic raw materials to develop new food products.

Keywords: beverage, orange bagasse, whey.

1. Introducción

Los productos derivados de la leche de vaca son considerados una fuente importante de nutrientes en poblaciones con acceso limitado a proteínas de origen animal (Parra Huertas, 2009; FAO, 2023). Sin embargo, en la agroindustria del queso, el lactosuero es el principal subproducto del proceso de transformación de la leche en queso, que generalmente se desecha debido al alto costo o falta de tecnología de los productores para concentrarlo y realizar extracción de los valiosos nutrientes como proteínas, lactosa, lípidos y minerales. La producción de queso requiere en promedio 10 litros de leche para producir 1 kg de queso, por lo que el lactosuero puede llegar a representar poco más del 90 % de subproducto en la industria del queso, además de que puede representar hasta el 55 % de los nutrientes originales de la leche. Adicionalmente, podría utilizarse como fuente de nutrientes o materia prima económica para producir otros alimentos con alto valor nutricional (Parra Huertas, 2009; Yadav *et al.*, 2015).

Otra agroindustria que genera muchos subproductos es la juguera, siendo la naranja (*Citrus sinensis*) uno de los frutos con más popularidad en los últimos años, se considera como una excelente fuente de fitoquímicos con capacidad antioxidante. Sin embargo, después de la extracción del jugo se generan alrededor de 45-60 % de subproductos, que son desechados y desaprovechados como fuentes de nutrientes (Fernández-López *et al.*, 2009). Actualmente, la producción anual de naranja en el mundo supera los 86 millones de toneladas (Favela-Hernández *et al.*, 2016), mientras que en México se producen cada año cerca de 4 millones de toneladas. Además, la naranja posee vitamina C, carbohidratos, minerales, fibra, compuestos fenólicos (ácido gálico, ferúlico, cafeico y flavonoides)

y carotenoides (Fernández-López *et al.*, 2009; Favela-Hernández *et al.*, 2016; Chavan *et al.*, 2018). Algunos estudios mencionan del aprovechamiento de los subproductos de la naranja como fuente de nutrientes en la alimentación animal, extracción de pectina para su uso como aditivo alimenticio, extracción de aceite esencial y producción de bioetanol (Chavan *et al.*, 2018; Pacheco *et al.*, 2018a), pero pocos estudios reportan el uso de subproductos de naranja en fórmulas como ingrediente o aditivo alimenticio funcional y nutracéutico (Kumar *et al.*, 2017).

El subproducto (cáscara y bagazo) de la naranja por su alto contenido de fibra y fitoquímicos podría ser aprovechado como ingrediente benéfico con la finalidad de desarrollar nuevos y variados productos con efecto benéfico en el cuerpo humano con propiedades antioxidantes que ayuden a prevenir enfermedades degenerativas como cáncer, mejorar la microbiota intestinal, reducir enfermedades intestinales, prevenir la obesidad, cáncer de colon y diabetes (Fernández-López *et al.*, 2009; Favela-Hernández *et al.*, 2016; Pacheco *et al.*, 2018b). Debido al interés de mejorar la calidad de los alimentos con ingredientes de origen vegetal que puedan provocar efectos benéficos en el cuerpo, mejorar la salud humana y disminuir los daños ocasionados al medio ambiente por los subproductos generados por la agroindustria, se planteó la hipótesis: una bebida formulada a partir de suero dulce de leche y bagazo de naranja mantendrá sus características fisicoquímicas y nutracéuticas durante su almacenamiento.

Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue formular una bebida a partir de subproductos agroindustriales (lactosuero y bagazo de naranja) y evaluar su calidad fisicoquímica, nutracéutica, microbiológica y reológica durante 21 días, así como su composición química y propiedades sensoriales al día 1 de su realización. En la actualidad, no existen productos comerciales que utilicen el lactosuero como ingrediente principal. Este componente lácteo solo se encuentra en formato de polvo, siendo parte como ingrediente de ciertos suplementos alimenticios. Asimismo, la harina de bagazo de naranja no forma parte de productos disponible en el mercado. Estos ingredientes podrían ser utilizados para desarrollar productos más saludables por sus propiedades nutricionales. Además, su aprovechamiento contribuiría a una producción más sostenible, promoviendo una economía circular en la industria alimentaria.

2. Materiales y métodos

2.1 Preparación de la harina de bagazo de naranja

Naranjas (*Citrus sinensis* L.) de la variedad Valencia fueron utilizadas en este estudio, las cuales fueron obtenidas de la zona citrícola de Nuevo León. Las naranjas fueron lavadas y desinfectadas y posteriormente se extrajo el jugo con un exprimidor mecánico. El bagazo de naranja (residuo de la extracción de jugo), está compuesto principalmente por cáscara, membranas y semillas. Posteriormente, el bagazo se secó mediante la metodología descrita por Durán-Mendoza (2018), con modificaciones. Se precalentó la estufa a 60 °C, se introdujo el bagazo en un recipiente y se mantuvo por 24 h, hasta peso constante. El bagazo seco fue pulverizado en un procesador de alimentos por 30 s y se tamizó a malla 40. El polvo obtenido se almacenó en bolsas de plástico y fue refrigerado hasta su uso.

2.2 Formulación de la bebida

El lactosuero, un efluente líquido resultante de la producción de queso panela, se obtuvo del Centro de Innovación y Desarrollo de la Industria Alimentaria (CIDIA) de la UANL. Se realizaron varias formulaciones ajustando los ingredientes para mejorar características organolépticas, quedando una formulación final, que se muestra en la Tabla 1. Los ingredientes fueron mezclados en una licuadora por 5 min, posteriormente se pasteurizó de acuerdo con la metodología descrita por Sady *et al.* (2013) a una temperatura de 80 °C por 15 min. Finalmente, la bebida se envasó en caliente en frascos de vidrio y se almacenó a 4 °C. A la bebida se le realizó la medición de análisis fisicoquímicos, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, análisis microbiológicos y de reología en los días 1, 7, 14 y 21; para el análisis de composición química y evaluación sensorial se realizó solamente el día 1.

Tabla 1. Lista de ingredientes de la bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales.
Table 1. List of ingredients of the beverage formulated from agroindustrial by-products.

Ingredientes	Formulación (%)
Lactosuero	83.25
Leche de coco	7.5
Harina de bagazo de naranja	5
Azúcar	4
Goma guar	0.1
Goma xantana	0.1
Canela	0.05

2.3 Análisis Fisicoquímicos

Se llevó a cabo un análisis de la bebida, evaluando la densidad siguiendo la norma NOM-155-SCFI-2012. El contenido de sólidos solubles totales (°Brix), se determinó midiendo unas gotas de la bebida directamente en un refractómetro portátil (modelo Master-M 2313, marca ATAGO), siguiendo el método descrito por Rodríguez-Salinas *et al.* (2021). El pH se midió mediante un potenciómetro introduciendo el electrodo directamente en la bebida, de acuerdo con la NOM-F-317-S-1978. Finalmente, se determinó la acidez titulable, expresada como ácido láctico, siguiendo la metodología establecida en la NOM-155-SCFI-2012; para ello, se utilizó una alícuota de 20 mL de muestra titulando con una solución estándar de NaOH 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador. Los análisis se realizaron por triplicado.

2.4 Composición química

La composición química de la bebida se analizó mediante métodos estándar de la Asociación de Química Analítica Oficial (AOAC, 2006). El contenido de nitrógeno se determinó con el método

Kjeldahl (AOAC 930.29). El contenido de grasa se midió utilizando el método Soxhlet (AOAC 920.39). El contenido de cenizas se evaluó gravimétricamente (AOAC 14.006), y la fibra dietética total (TDF) (AOAC 985.29); y el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos disponibles) se midieron por la diferencia de valores al 100 %.

2.5 Calidad microbiológica

Se realizaron análisis de mesófilos aerobios y psicrófilos utilizando agar cuenta estándar, variando la temperatura de incubación de 37 y 4 °C por 24 h, respectivamente (NOM-092-SSA1-1994). El conteo de bacterias ácido lácticas (BAL) mediante el uso del medio MRS, incubando las placas a 37 °C por 24 h. Para la determinación de coliformes totales se realizó con el agar rojo bilis violeta (RVBA), en incubación de las placas a 37 °C durante 24 h (NOM-113-SSA1-1994). El agar papa dextrosa (PDA) fue utilizado para la determinación de hongos y levaduras incubándose a 25 °C por 24-48 h (NOM-111-SSA1-1994). El conteo de los microorganismos se llevó a cabo por triplicado.

2.6 Contenido de compuestos fenólicos

El contenido de polifenoles y flavonoides totales, se evaluó mediante la metodología descrita por Rodríguez-Salinas *et al.* (2021). Los polifenoles totales fueron calculados con una curva patrón de ácido gálico (0-200 mg L⁻¹) y los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico por litro (mg EAG L⁻¹). Los flavonoides totales se calcularon con una curva de catequina (0-200 mg L⁻¹) y se expresaron en miligramos equivalentes de catequina por litro (mg EC L⁻¹).

2.7 Capacidad antioxidante

La medición de capacidad antioxidante se realizó con un equipo SP-830 Plus (Barnstead, Turner, EUA), mediante los ensayos 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), Ácido 2,2'-azinobis (3etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS) con la metodología reportada por Rodríguez-Salinas *et al.* (2021), con modificaciones. Las soluciones de trabajo fueron medidas a 517 nm (DPPH) y 734 nm (ABTS) de longitud de onda. Los resultados fueron expresados en micromoles equivalentes de Trolox por litro (μmol ET L⁻¹), respectivamente, con una curva de Trolox (0-500 μmol L⁻¹).

2.8 Propiedades reológicas

Las propiedades reológicas de la bebida se realizaron mediante una prueba rotacional utilizando un reómetro ReolabQC (Anton Paar, Graz, Australia) según la metodología de Gallardo-Rivera *et al.* (2021). El coeficiente de consistencia (K) y el índice de comportamiento de flujo (n) de la bebida se obtuvieron en función de la velocidad de corte (1-100 s⁻¹) utilizando la geometría C-CC39 a una temperatura de 25 °C.

2.9 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó basada en estudios previos reportados por Faisal *et al.* (2017), Rodríguez-Basantes *et al.* (2020) y Gallardo-Rivera *et al.* (2021). El estudio se realizó mediante una prueba afectiva de la bebida, evaluada por una prueba hedónica basada en la percepción general de cinco atributos: apariencia, color, olor, sabor y textura con 32 panelistas no entrenados, en un rango de edad de 18-24 años, ambos sexos, formado de estudiantes de licenciatura de la Facultad de Agronomía de la UANL. Los panelistas evaluaron cada atributo con un código generado en una escala del 1 al 5, siendo 1 = "me disgusta mucho", 2 = "me disgusta ligeramente", 3 = "no me gusta, ni me disgusta", 4 = "me gusta ligeramente" y 5 = "me gusta mucho". La muestra fue presentada en vasos transparentes con capacidad de 15 mL.

2.10 Análisis estadístico

Cada análisis de la bebida se realizó por triplicado. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) (5 %). Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de Tukey, utilizando el software estadístico Minitab (versión 14). Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar.

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos de la bebida durante el almacenamiento se muestran en la Tabla 2. La densidad de la bebida fue constante durante su almacenamiento con valores que fluctuaron entre 1.04 a 1.07 g mL⁻¹. Asimismo, el contenido de sólidos totales (°Brix) presentó diferencia significativa en el día 1 con el día 21, con valores entre 12.67 - 14.33 °Brix. El pH se mantuvo en 4.7, sólo en el día 7 subió a 5.0, sin diferencia estadística. Lo anterior indica que un proceso de pasteurización aplicado correctamente a una bebida elaborada con lactosuero no altera los valores de pH (Rodríguez-Salinas *et al.*, 2021). El pH puede mantenerse sin cambio por un periodo de almacenamiento de hasta 21 días mientras no exista la presencia de microorganismos que puedan fermentar la lactosa e incrementa la presencia de ácido láctico (Gavilanes *et al.*, 2018).

Por otro lado, la acidez si mostró diferencia estadística con valores de 0.66 - 0.87 g L⁻¹ con el mayor valor de acidez en el día 1 y el menor el día 21. Los resultados de acidez concuerdan con lo reportado por Souza *et al.* (2020), quienes obtuvieron valores promedio de 0.80 a 0.81 en bebidas elaboradas con lactosuero. En este caso, el resultado de la disminución de la acidez se podría atribuir a la disminución del ácido ascórbico (vitamina C) por causa del almacenamiento (Del Caro *et al.*, 2004; Sady *et al.*, 2013), ya que este ácido es muy susceptible a la oxidación frente a reacciones enzimáticas, presencia de compuestos metálicos, fotosensibilidad, así como contribuir al pardeamiento no enzimático (Maillard) en presencia de grupos amino (Rai *et al.*, 2008; Ilame y Singh, 2018), como los que se encuentran en abundancia en el lactosuero (Gupta y Prakash, 2017).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de la bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales respecto al tiempo.
Table 2. Physicochemical parameters of the drink formulated from agroindustrial by-products with respect to time.

Día	Densidad (g mL ⁻¹)	°Brix	pH	Acidez (g L ⁻¹)
1	1.07 ± 0.02 ^a	12.67 ± 0.6 ^a	4.7 ± 0.1 ^a	0.87 ± 0.05 ^a
7	1.06 ± 0.01 ^a	13.67 ± 0.6 ^{ab}	5.0 ± 0.2 ^a	0.84 ± 0.05 ^a
14	1.05 ± 0.01 ^a	13.67 ± 0.6 ^{ab}	4.7 ± 0.2 ^a	0.78 ± 0.05 ^{ab}
21	1.04 ± 0.01 ^a	14.33 ± 0.6 ^b	4.7 ± 0.2 ^a	0.66 ± 0.05 ^b

Media ± desviación estándar, n=3. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) según Tukey.

3.2 Composición química

Los resultados de composición química de la bebida son mostrados en la Tabla 3. Según el método utilizado en la producción del queso influye directamente en la composición química del lactosuero; siendo el componente principal el agua (90-92 %), el resto (8-10 %) está compuesto de lactosa (60-80 %) y proteínas (10-20 %), otros componentes minoritarios que se pueden encontrar son vitaminas, minerales, ácido láctico, oligoelementos y grasas (Pacheco *et al.*, 2017). Pires *et al.* (2021), compararon la composición química del lactosuero de varios mamíferos, encontrando que el de bovino contiene de 4.2 - 5.0 % de lactosa, proteína 0.7-0.9 % y grasas 0.1 - 0.8 %. Aún, cuando el contenido de proteína es mínimo, se consideran de alto valor biológico (por la presencia de aminoácidos azufrados, lisina y triptófano), igualmente posee minerales importantes como potasio, además de calcio, sodio, magnesio y fósforo (Gavilanes *et al.*, 2018). Rodríguez-González *et al.* (2020), formularon y evaluaron bebidas fermentadas de lactosuero mediante la adición de salvado de trigo y pulpa de guayaba, siendo la bebida con mejor resultado la que tenía 79.5 % de lactosuero, cuya composición química fue 84.65 % de agua, 0.47 % de cenizas, 0.63 % de proteína, 0.10 % de grasa y 11.78 % de hidratos de carbono; estos valores son cercanos a la bebida que se formuló en esta investigación.

Tabla 3. Composición química de la bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales.
Table 3. Chemical composition of the drink formulated from agroindustrial by-products.

Bebida	Porcentaje (%)					
	Humedad	Cenizas	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	*ELN
	84.0 ± 0.1	0.02 ± 0.0	0.05 ± 0.0	0.07 ± 0.0	0.2 ± 0.1	15.66 ± 0.1

Media ± desviación estándar, n=3.*ELN: Extracto libre de nitrógeno está formado principalmente por carbohidratos.

3.3 Calidad microbiológica

Se evaluó la calidad microbiológica de la bebida a lo largo de 21 días. En la bebida no se detectó presencia de los microorganismos analizados (mesófilos aerobios, coliformes totales,

hongos y levaduras, bacterias acidolácticas y bacterias psicrofílicas). Actualmente, en la legislación no hay una norma que establezca la calidad sanitaria de bebidas a base de lactosuero, sin embargo, la NOM-173-SE-2021, menciona en sus denominaciones a "bebidas no alcohólicas con contenido de vegetal o fruta u hortaliza", pero no indica especificaciones sanitarias; mientras, la NOM-218-SSA-2011, en sus definiciones a "bebida saborizada no alcohólica", en especificaciones microbiológicas indica como límite máximo mesofílicos aerobios en 50 UFC/g o mL y coliformes totales 10 NMP/mL o g. En la cuenta microbiológica no se detectó crecimiento para los microorganismos analizados, lo que nos indica una estabilidad y asegura que durante la vida de anaquel de la bebida no muestre indicios de deterioro o alteración microbiológica.

3.4 Compuestos fenólicos y actividad antioxidante

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) mostró una disminución durante los días de almacenamiento. Los días de evaluación mostraron diferencia estadística con valores que oscilaron de 1762.42 - 3144.24 mg EAG L⁻¹, con el menor valor observado en el día 21 y mayor en el día 1 de almacenamiento. Los resultados mostraron degradación de compuestos fenólicos con valores que disminuyeron del 0.8 % en el día 7 hasta 43 % en el 21 día de almacenamiento (Tabla 4). La disminución de compuestos fenólicos por almacenamiento concuerda con lo reportado por Del Caro *et al.* (2004), quienes reportaron más del 50 % de disminución de compuestos fenólicos en jugos de naranja almacenados a 4 °C en 15 días, así con lo reportado por Sady *et al.* (2013), quienes reportaron una disminución de compuestos fenólicos de hasta 62 % en 6 meses y 73 % a los 12 meses de almacenamiento en bebidas de jugo de naranja combinado con lactosuero. Estos autores, mencionaron que las condiciones de almacenamiento, tipo de envase, temperaturas y tratamiento previo al almacenamiento son un factor importante en la degradación de los compuestos fenólicos. Los resultados del contenido de compuestos fenólicos en la bebida se atribuyen principalmente a los extractos de naranja debido a que el lactosuero no interfiere con la detección de CFT por la débil (no covalente) interacción polifenol-proteína (Baba *et al.*, 2016).

Tabla 4. Evaluación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de la bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales respecto al tiempo.

Table 4. Evaluation of phenolic compounds and antioxidant activity of the drink formulated from agroindustrial by-products with respect to time.

Día	Compuestos fenólicos mg EAG L ⁻¹	Flavonoides mg EC L ⁻¹	DPPH μmol ET L ⁻¹	ABTS μmol ET L ⁻¹
1	3144.24 ± 233.54 ^a	ND	1121.56 ± 400.11 ^a	5590.37 ± 556.15 ^a
7	3116.96 ± 274.28 ^a	ND	631.67 ± 164.15 ^b	5286.67 ± 957.62 ^a
14	2444.24 ± 84.46 ^b	ND	276.11 ± 85.53 ^b	5405.19 ± 533.95 ^a
21	1762.42 ± 68.23 ^c	ND	265.00 ± 100.00 ^b	4872.85 ± 1160.11 ^a

Media ± desviación estándar, n=3. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística (p≤0.05) según Tukey. ND: No detectado. mg EAG/L⁻¹: miligramos equivalentes de ácido gálico por litro; mg EC/L⁻¹: miligramos equivalentes de catequina por litro; μmol ET L⁻¹: micromoles equivalentes de Trolox por litro.

Los cítricos poseen flavonoides como: hesperidina, naringenina, luteolina, neohesperidina, isosakuranetina, eriodictioil, luteína, epicatequina, catequina (Caristi *et al.*, 2006; Gattuso *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2020; Wedamulla *et al.*, 2022). Sin embargo, en la presente investigación, los flavonoides totales no fueron detectados, lo anterior puede deberse a que los flavonoides en cítricos se encuentran principalmente de forma glicosilada (unidos a un azúcar) (Fernández-López *et al.*, 2009; Favela Hernández *et al.*, 2016), debido a su naturaleza hidrofílica (soluble en agua) (Caristi *et al.*, 2006; Gattuso *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2020), lo que podría dificultar su detección. Lo anterior descrito, puede atribuirse a la técnica utilizada en el experimento para detección de flavonoides. La reacción de $\text{AlCl}_3\text{-NaNO}_2\text{-NaOH}$, puede ser afectada en la formación de complejos metálicos del flavonoide con el Al, si existe bloqueo en los grupos hidroxilo de los carbonos 3, 5, 3' o 4', lo que disminuye su detección (Caristi *et al.*, 2006; Gattuso *et al.*, 2007; Mammen y Daniel, 2012; Rodríguez-Salinas *et al.*, 2021).

Los resultados de capacidad antioxidante en DPPH mostraron diferencia estadística entre los días de análisis con valores que variaron de 265.00 a 1121.56 $\mu\text{mol ET L}^{-1}$, con menor valor observado el día 21 y el mayor el día 1. La pérdida de capacidad antioxidante disminuyó del 100 % considerada en el día 1 hasta el 23 % en el día 21, lo que indica el 77 % de la pérdida de la capacidad antioxidante de la bebida debido al almacenamiento. Por otro lado, los valores en ABTS variaron de 4872.85 a 5590.67 $\mu\text{mol ET L}^{-1}$, con menor valor el día 21 y el mayor en el día 1, observándose una ligera disminución durante el almacenamiento. Sady *et al.* (2013), mencionaron que la disminución de la capacidad antioxidante de extractos de naranja almacenados durante varios días se puede atribuir a la degradación de vitamina C, compuestos fenólicos y carotenoides. También mencionaron que el DPPH en comparación con el ABTS, tiene mayor sensibilidad para detección de compuestos antioxidantes hidrosolubles como la vitamina C.

3.5 Análisis reológico

La Tabla 5, muestra los resultados obtenidos de la reología de la bebida donde se midió el coeficiente de consistencia (K) e índice de comportamiento de flujo (n) respecto al tiempo; la bebida mostró un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$), de acuerdo con la Ley de Potencia. No se observaron diferencias significativas respecto al tiempo, observándose que la viscosidad de la bebida no presentó cambios durante los 21 días del estudio. Pacheco *et al.* (2017), estudiaron el comportamiento reológico del lactosuero y distintos tipos de leche en la elaboración de bebidas lácteas fermentadas, observando que al modificar la cantidad de suero en la bebida y tipo de leche hay variabilidad en los valores de índice de comportamiento de flujo (n) e índice de consistencia (K), posiblemente debido a que el contenido de grasa proveniente de la leche y la adición del suero influye en el contenido de fosfatos, calcio y proteína. La formulación de la bebida estudiada en esta investigación, estuvo compuesta de un 80 % de lactosuero, aun cuando es el ingrediente mayoritario, mantuvo su estabilidad respecto al tiempo (21 días).

Tabla 5. Propiedades reológicas de la bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales respecto el tiempo.
Table 5. Rheological properties of the beverage formulated from agroindustrial byproducts with respect to time.

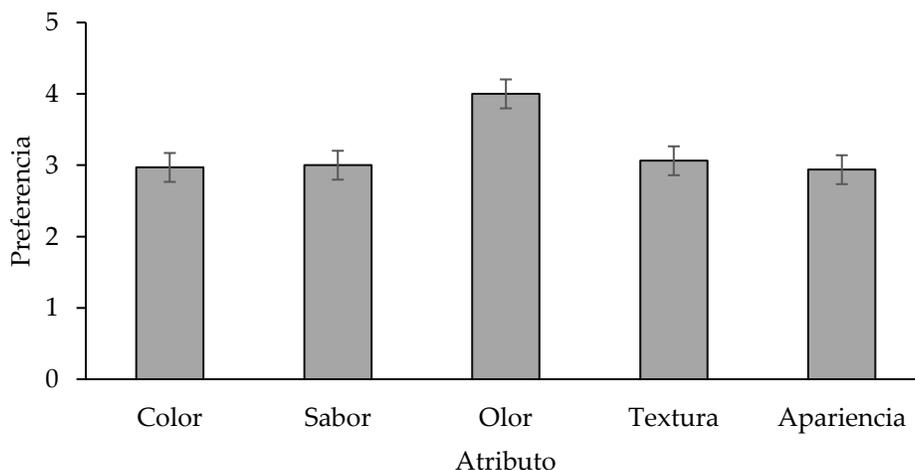
Día	K (Pas)	n
1	1.295 ± 0.146 ^a	0.416 ± 0.036 ^a
7	1.178 ± 0.161 ^a	0.459 ± 0.029 ^a
14	0.946 ± 0.188 ^a	0.486 ± 0.056 ^a
21	1.238 ± 0.075 ^a	0.446 ± 0.010 ^a

Media ± desviación estándar, n=3. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) según Tukey. ND: No detectado. K: Coeficiente de consistencia, n: índice de comportamiento de flujo

3.6 Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial se observan en la Fig. 1. Los valores obtenidos de los diferentes atributos de la bebida (color, sabor, olor, textura y apariencia) fueron de 3 y 4, que significa "no me gusta, ni me disgusta" y "me gusta ligeramente", respectivamente. Varios estudios se han realizado para aprovechar el lactosuero en la elaboración de bebidas fermentadas obteniendo aceptabilidad en los productos, en adición a que, el suero posee propiedades saludables y nutricionales, siendo un gran ingrediente disponible para elaborar bebidas e importante para mitigar la sed (Faisal *et al.*, 2017; Skryplonek *et al.*, 2019; Rodríguez-Basantes *et al.*, 2020; Rodríguez-González *et al.*, 2020). No obstante, los resultados obtenidos en este estudio, sugieren la necesidad de reformular la bebida para mejorar su perfil sensorial y aumentar su atractivo para los consumidores.

Grafica 1. Evaluación sensorial de la bebida formulada a partir de subproductos agroindustriales.
Graph 1. Sensory evaluation of the beverage formulated from agroindustrial by-products.



4. Conclusiones

El desarrollo y estudio de esta bebida representa un posible avance en la generación de productos lácteos, resaltando la importancia de aprovechar los subproductos de la industria alimentaria como el lactosuero y el bagazo de naranja para reducir su desperdicio. Los valores fisicoquímicos (densidad, pH, °Brix y acidez), la calidad microbiológica y viscosidad de la bebida se mantuvieron estables durante los 21 días del estudio. La combinación de lactosuero y bagazo de naranja en esta bebida mostró la presencia de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante observándose una disminución durante el almacenamiento, evidenciando una oportunidad de búsqueda de opciones para la estabilidad de estos compuestos en la bebida para evitar su disminución. Si bien, la bebida presentó atributos sensoriales prometedoras, ubicándose en una preferencia en rango moderado entre 3 y 4 equivalentes a "no me gusta, ni me disgusta" y "me gusta ligeramente", respectivamente, estos hallazgos sugieren oportunidades de ajustes en la formulación, para generar una respuesta más favorable por parte de los posibles consumidores. Estos resultados proporcionan una posible guía para futuras investigaciones en el desarrollo de bebidas a partir de fuentes alternativas que beneficien tanto, el medio ambiente como al consumidor, promoviendo una economía circular.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, C.T.A.; metodología, C.T.A.; software, P.A.R.S.; validación, P.A.R.S.; análisis formal, M.A.A.J.; investigación, C.T.A., P.A.R.S. y G.G.S., recursos, S.G. y G.G.S.; conservación de datos, M.A.A.J.; redacción-redacción del borrador original, C.T.A. y P.A.R.S.; redacción-revisión y edición, C.T.A. y P.A.R.S.; visualización, C.T.A. y P.A.R.S.; supervisión, C.T.A.; administración del proyecto, P.A.R.S.; obtención de financiación, C.T.A. y P.A.R.S. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo al PAICYT, con la clave de proyecto: 79-CAT-2022.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

5. Referencias

AOAC. 2006. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (17th ed.).
Baba, W. N., Din, S., Punoo, H. A., Wani, T. A., Ahmad, M., & Masoodi, F. A. (2016). Comparison of cheese and paneer whey for production of a functional pineapple beverage: Nutraceutical

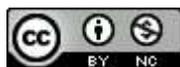
- properties and Shelf life. *Journal of Food Science and Technology*, 53: 2558-2568. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2218-8>
- Caristi, C., Bellocco, E., Gargiulli, C., Toscano, G., & Leuzzi, U. (2006). Flavone-di-C-glycosides in citrus juices from Southern Italy. *Food Chemistry*, 95(3): 431-437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.031>
- Chavan, P., Singh, A. K., & Kaur, G. (2018). Recent progress in the utilization of industrial waste and by-products of citrus fruits: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 41(8): e12895. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12895>
- Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., & Agabbio, M. (2004). Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistry*, 84(1): 99-105. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00180-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00180-8)
- Durán-Mendoza, T., González-Pérez, M., Cruz-Leyva, M. C. de la, Cruz, J. U. G.- de la, Cuenca-Soria, C. A., Guzmán-Ceferino, J., Angulo-Guerrero, J. O., & Pérez-Sánchez, C. del C. (2018). Análisis Del Efecto De La Adición De Fibra Cítrica Del Bagazo De La Naranja En Las Propiedades Nutrimientales Y Sensoriales De Un Embutido Y Determinación De La Calidad Microbiológica. *European Scientific Journal*, 14(18): 14. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p14>
- Faisal, S., Chakraborty, S., Devi, W. E., Hazarika, M. K., & Puranik, V. (2017). Sensory evaluation of probiotic whey beverages formulated from orange powder and avor using fuzzy logic. *International Food Research Journal* 24(2): 703-710. <https://shorturl.at/xgIpG>
- FAO 2023. Producción y productos lácteos: Composición de la leche [en línea]. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/es>
- Favela-Hernández, J. M. J., González-Santiago, O., Ramírez-Cabrera, M. A., Esquivel-Ferriño, P. C., & Camacho-Corona, M. D. R. (2016). Chemistry and Pharmacology of Citrus sinensis. *Molecules*, 21(2): 247. <https://doi.org/10.3390/molecules21020247>
- Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda-Martos, M., & Alvarez, J. A. P. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(4): 748-756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01892.x>
- Gallardo-Rivera, C., Báez-González, J.G., García-Alanís, K.G., Torres-Alvarez, C., Dares-Sánchez, K., Szymanski, A., Amaya-Guerra, C.A., & Castillo, S. (2021). Effect of Three Types of Drying on the Viability of Lactic Acid Bacteria in Foam-Mat Dried Yogurt. *Processes*, 9(12): 2123. <https://doi.org/10.3390/pr9122123>
- Gattuso, G., Barreca, D., Gargiulli, C., Leuzzi, U., & Caristi, C. (2007). Flavonoid composition of citrus juices. *Molecules*, 12(8): 1641-1673. <https://doi.org/10.3390/12081641>
- Gavilanes, L. P. I., Zambrano, Z. A. M., Romero, R. C. F., & Moro, P. A. (2018). Evaluación de una bebida láctea fermentada novel a base de lactosuero y harina de camote. *La Técnica. Revista de agrociencias*. 19: 47-60. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i19.734
- Gupta, C., & Prakash, D. (2017). Therapeutic potential of milk whey. *Beverages*, 3(3): 31. <https://doi.org/10.3390/beverages3030031>
- Ilame, S. A., & Singh, S. V. (2018). Physico-chemical properties of ultrafiltered kinnow (mandarin) fruit juice. *Journal of food science and technology*, 55: 2189-2196. <http://doi.org/10.1007/s13197-018-3136-8>
- Kumar, K., Yadav, A. N., Kumar, V., Vyas, P., & Dhaliwal, H. S. (2017). Food waste: A potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresources and Bioprocessing*, 4: 18. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0148-6>
- Mammen, D., & Daniel, M. (2012). A critical evaluation on the reliability of two aluminum chloride chelation methods for quantification of flavonoids. *Food chemistry*, 135(3): 1365-1368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.109>

- 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 Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>
- NORMA Oficial Mexicana NOM-173-SE-2021, Jugos, agua de coco, néctares, bebidas no alcohólicas con contenido de vegetal o fruta u hortaliza y bebidas saborizadas no alcohólicas preenvasadas-Denominaciones-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643986&fecha=28/02/2022#gsc.tab=0
- NORMA Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba.
<https://dof.gob.mx/normasOficiales/4643/salud/salud.htm>
- NORMA Oficial Mexicana "Determinación de pH en Alimentos" NOM-F-317-S-1978.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=0
- Pacheco, V. M. M., Porras, A. O. O., Velasco, E., Morales-Valencia, E. M., & Navarro, A. (2017). Effect of the milk-whey relation over physicochemical and rheological properties on a fermented milky drink. *Ingeniería y competitividad*, 19(2): 80-88. <https://doi.org/10.25100/iyc.v19i2.5295>
- Pacheco, M. T., Moreno, F. J., & Villamiel, M. (2018a). Chemical and physicochemical characterization of orange by-products derived from industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2): 868-876. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9257>
- Pacheco, M. T., Vezza, T., Diez-Echave, P., Utrilla, P., Villamiel, M., & Moreno, F. J. (2018b). Anti-inflammatory bowel effect of industrial orange by-products in DSS-treated mice. *Food & function*, 9(9): 4888-4896. <https://doi.org/10.1039/C8FO01060A>
- Parra-Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1): 4967-4982.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915377021>
- Pires, A.F., Marnotes, N.G., Rubio, O.D., Garcia, A.C., & Pereira, C.D. (2021). Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. *Foods*, 10: 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>
- Rai, P., Rai, C., Majumdar, G. C., Dasgupta, S., & De, S. (2008). Storage study of ultrafiltered mosambi (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice. *Journal of food processing and preservation*, 32(6): 923-934. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00222.x>
- Rodríguez-González, D., Colominas Aspuro, A. M., Rodríguez Fuertes, W. S., & Hernández Monzón, A. (2020). Bebida fermentada de suero con la adición de salvado de trigo y pulpa de guayaba (*Psidium guava* L.). *Tecnología Química*, 40(2), 428-441. <https://shorturl.at/rV72W>
- Rodríguez-Basantes, A. I., Abad Basantes, C. A., Pérez Martínez, A., & Diéguez Santana, K. (2020). Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 18(2): 166-175. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(18\)166-175](https://doi.org/10.18684/BSAA(18)166-175)

- Rodríguez-Salinas, P. A., Urías-Orona, V., Muy-Rangel, D., Basilio-Heredia, J., Suarez-Jacobo, A., Báez-González, J. G., Zavala-García, F., & Niño-Medina, G. (2021). Efecto de termosonicación y pasteurización sobre propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y nutraceuticas en bebidas de maíz. *Biotechnia*, 23(1): 92-101. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v23i1.1204>
- Sady, M., Jaworska, G., Grega, T., Bernas, E., & Domagala, J. (2013). Application of acid whey in orange drink production. *Food Technology and Biotechnology*, 51(2): 266. <https://www.ftb.com.hr/archives/1096-application-of-acid-whey-in-orange-drink-production>
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132: 109114. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109114>
- Skryplonek, K., Dmytrów, I., & Mituniewicz-Małek, A. (2019). Probiotic fermented beverages based on acid whey. *Journal of Dairy Research*. 102 (9): 7773-7780. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16385>
- Souza, H. F. D., Borges, L. A., Lopes, J. P. A., Carvalho, B. M. A. D., Santos, S. H. S., Almeida, A. C. D., Lima, W. J. N., & Brandi, I. V. (2020). Elaboration, evaluation of nutritional information and physical-chemical stability of dairy fermented drink with caja-mango pulp. *Food Technology. Ciência Rural*, 50(1). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190644>
- Wedamulla, N. E., Fan, M., Choi, Y. J., & Kim, E. K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods*, 95: 105163. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105163>
- Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology advances*, 33(6): 756-774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>

2024 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>