

Poscosecha y agroindustria

Artículo de investigación científica y tecnológica

Utilización de suero lácteo en la elaboración de una bebida refrescante con fructooligosacáridos y pulpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.)

Use of whey in the preparation of a refreshing beverage with fructooligosaccharides and acerola pulp (*Malpighia emarginata* D.C.)

 Dainelis Rodríguez-González¹  Ana Maritza Colominas-Aspuro¹
 Héctor Manuel Zumbado-Fernández^{1*}

¹ Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. Cuba.

*Autor de correspondencia: Autor de correspondencia: Héctor Manuel Zumbado Fernández. Calle 222 #2317/23 y 29, La Coronela, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. humbadof@gmail.com

Recibido: 21 de enero del 2023
Aprobado: 06 de septiembre de 2024
Publicado: 30 de septiembre de 2024

Editor temático: Juan Camilo Henao, (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Mosquera, Colombia.

Para citar este artículo: Rodríguez-González, D., Colominas-Aspuro, A. M., & Zumbado-Fernández, H. M. (2024). Utilización de suero lácteo en la elaboración de una bebida refrescante con fructooligosacáridos y pulpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(3), e3692. https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num3_art:3692

Resumen: El lactosuero es el subproducto más abundante de la industria láctea y posee un alto valor nutricional, lo que le permite ser empleado como materia prima en la elaboración de productos alimenticios. Por otra parte, los fructooligosacáridos (FOS) por su acción prebiótica y la pulpa de acerola como principal fuente de vitamina C, pueden producir efectos beneficiosos para la salud humana. El objetivo de este trabajo es utilizar el lactosuero en la elaboración de una bebida refrescante con fructooligosacáridos y pulpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Para ello se utilizó un diseño de mezcla D-Óptimo, donde se definieron como variables independientes: suero lácteo (60 %-70 %), pulpa de acerola (5-30 %) y jarabe de FOS (5 %-15 %), manteniéndose fija la dosis de goma guar (0,1 %). Se ensayaron 16 formulaciones y las variables de respuesta fueron aceptabilidad y estabilidad. La formulación optimizada propuesta por el modelo estuvo compuesta por 67,9 % de suero, 20 % de pulpa de acerola y 12 % de jarabe de FOS. Los resultados del análisis físico químico de la bebida estuvieron en los rangos reportados por otros investigadores, mientras que la caracterización sensorial se realizó con ocho catadores adiestrados, los que otorgaron la categoría de “moderado” a los atributos homogeneidad, color, olor, sabor a acerola y sabor dulce, mientras que la viscosidad y el sabor ácido recibieron la categoría de “ligero” y la calidad global de “buena”. La evaluación de la aceptación poblacional con 100 consumidores fue del 80 %.

Palabras clave: lactosuero, acerola, prebióticos, propiedades fisicoquímicas, evaluación sensorial, diseño experimental.

Abstract: Whey is the most abundant byproduct of the dairy industry and possesses high nutritional value, allowing it to be used as a raw material in producing food products. On the other hand, fructooligosaccharides (FOS) with their prebiotic action and acerola pulp as the main source of vitamin C can have beneficial effects on human health. This study aims to use whey to produce a refreshing beverage with fructooligosaccharides and acerola pulp (*Malpighia emarginata* D.C.). A D-Optimal mixture design was employed, where whey (60 % - 70 %), acerola pulp (5 % -30 %), and FOS syrup (5 %-15%) were defined as independent variables, while the guar gum dosage (0.1 %) remained constant. Sixteen formulations were tested, with acceptability and stability as response variables. The optimized formulation proposed by the model consisted of 67.9 % whey, 20 % acerola pulp, and 12 % FOS syrup. The results of the physicochemical analysis of the beverage were within the ranges reported by other researchers. At the same time, the sensory characterization was conducted with eight trained tasters, who rated the attributes of homogeneity, color, smell, acerola flavor, and sweetness as "moderate". In contrast, viscosity and sour taste were rated as "light," and the overall quality was classified as "good." Population acceptance evaluation with 100 consumers yielded an 80 % approval rate.

Keywords: whey, acerola, prebiotics, physicochemical properties, sensory evaluation, experimental design.



Introducción

El lactosuero es el subproducto más abundante y contaminante de la industria láctea, lo cual es atribuible a su alto contenido en nutrientes como: lactosa (de 4,6 a 5,2 %); proteína (de 0,60 a 1,00 %) y sales minerales (de 0,3 a 0,8 %) (Arce-Méndez et al., 2015). Debido a sus altos volúmenes de producción y al poco aprovechamiento es desechado en ríos y afluentes, provocando la contaminación de estos y generando un alto impacto sobre el medioambiente (Asas et al., 2021).

El uso sostenible del lactosuero para la producción y utilización en diferentes tipos de productos puede mejorar la bioeconomía de las industrias, por ende, la economía nacional/internacional. Por otra parte, el reciente aumento del interés de los consumidores por los productos que promueven la salud ha abierto nuevas perspectivas para continuar la investigación y el desarrollo de este coproducto (Panghal et al., 2018).

Así, es necesario fomentar su empleo por la industria de alimentos, para evitar los posibles efectos dañinos al medioambiente y aprovechar los beneficios que aportan sus componentes. En tal sentido, en el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana, Cuba, se han realizado trabajos dirigidos a elaborar bebidas de suero saborizado con pulpas de frutas como naranja (Colominas-Aspuro et al., 2023), maracuyá (Ruiz-Díaz, Cabrera-Bustamante et al., 2018), mango (Colominas-Aspuro et al., 2019) y guayaba (Rodríguez González et al., 2020), con vistas a diversificar el mercado de estas bebidas y mejorar su aceptación.

La acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) es una planta originaria de las islas del Caribe, América Central y la región amazónica (De Assis et al., 2008). Es una fruta rica en vitaminas tales como tiamina (0,02 mg), riboflavina (0,07 mg) y piridoxina (8,7 mg), pero su mayor aporte está en la vitamina C, con valores que varían entre 3,0 y 4,6 g/100 g de fruta (Mezadri et al., 2006), lo que la convierte en una de las fuentes naturales más importantes de esta vitamina. También se ha utilizado la pulpa de acerola en la elaboración de bebidas de suero (Cappato, Ferreira, Moraes et al., 2018; Cappato, Ferreira, Pires et al., 2018), la cual aporta características deseables al producto, como compuestos aromáticos, mejorando el sabor y en consecuencia la aceptabilidad del producto (de Abreu Costa et al., 2022; Lima et al., 2019).

Los fructooligosacáridos (FOS) son oligómeros de fructanos disponibles de forma natural en la miel, las frutas y las verduras, y pueden ser obtenidos comercialmente mediante la transfructosilación de sacarosa o la hidrólisis de inulina, con la aplicación de enzimas derivadas de fuentes vegetales y microbianas. El proceso de transfructosilación produce diferentes FOS, como kestosa, nistosa y fructofuranosil nistosa, mientras la hidrólisis de la inulina produce una mezcla similar, aunque con productos finales ligeramente diferentes, pero más solubles que la inulina (Kumar et al., 2018).

Los FOS están adquiriendo cada vez mayor auge en el mercado de los alimentos funcionales debido a su capacidad como prebiótico, que estimula el crecimiento de la microflora intestinal no patógena y como fuente de fibra dietética (Sabater-Molina et al., 2009). Debido a las propiedades funcionales y beneficios de los FOS para la salud, se incorporan en varias líneas de

alimentos como productos lácteos, de panadería, en cárnicos, bebidas y jugos, mermeladas y jaleas, dulces, chocolates, cereales para el desayuno y confitería en general (Kherade et al., 2021). Durante los últimos 20 años, el lactosuero y sus componentes se han utilizado cada vez más en la fabricación de bebidas, las cuales se consumen solas o suplementadas con jugo de frutas y algunos componentes nutraceuticos o probióticos/prebióticos (Özer & Evrendilek, 2022). En este sentido, se han empleado FOS como prebióticos en bebidas funcionales a base de lactosuero (Sharma et al., 2020; Thamer & Barretto Penna, 2005; Yasmin et al., 2015), así como jugos de frutas en bebidas de suero con muy buenos resultados (Purkiewicz & Pietrzak-Fiećko, 2021; Rohit et al., 2020).

Se ha centrado gran atención en los beneficios de las proteínas de suero (β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, albúmina sérica bovina, inmunoglobulinas y lactoferrina) con respecto a las propiedades antioxidantes, que han sido ampliamente probadas *in vitro* al disminuir la peroxidación lipídica (Corrochano et al., 2018; De Castro & Sato, 2014) o eliminar radicales libres (Adjonu et al., 2013; Zhang et al., 2012), dada la capacidad de sus aminoácidos hidrofóbicos y aromáticos que pueden servir como donadores de protones (Mann et al., 2015). Así mismo, la incorporación de frutas en bebidas de lactosuero brinda un beneficio adicional, dado que las mismas son una valiosa fuente de diferentes compuestos antioxidantes, como carotenoides y polifenoles (Purkiewicz & Pietrzak-Fiećko, 2021).

En Cuba se desarrolló por primera vez la producción de un sirope de FOS-G, mediante la fermentación de una melaza de caña por la levadura *Pichia Pastoris*. Este producto se comercializa actualmente con el nombre de Alidux, constituyendo el primer prebiótico de producción nacional (Mustelier-Casola et al., 2021). En el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA) de Cuba, se ha investigado la incorporación de FOS en formulaciones de leches fermentadas, comprobándose que estos productos no introducen nuevos colores ni olores que puedan desvirtuar las características organolépticas propias del producto alimenticio y su estabilidad térmica permite que sean incorporados antes de los procesos de pasteurización que son comúnmente empleados para garantizar la inocuidad de los alimentos (Rodríguez et al., 2012; Rodríguez-Martínez et al., 2017, 2019).

Al tener en cuenta el interés estatal de aprovechar el suero lácteo en formulaciones alimenticias, el conocimiento de los beneficios de la pulpa de acerola y los FOS para la salud humana, así como la ausencia de estudios a nivel nacional e internacional que combinen, simultáneamente, el lactosuero con FOS y acerola, se plantea el presente trabajo, con el objetivo de desarrollar una bebida de suero lácteo con adición de pulpa de acerola y FOS que posea buena aceptabilidad y estabilidad.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se desarrolló en los laboratorios del Departamento de Alimentos del Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL) de la Universidad de La Habana (UH), con la colaboración del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria (IIIA) y la Unidad Empresarial de Base “Queso Siboney”.

Materias primas

Se empleó suero de queso semiduro *mozzarella* procedente de la Unidad Empresarial de Base “Queso Siboney”; sirope FOS-G ALIDUX, suministrado por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y Tecnoazúcar Habana, grupo AZCUBA; pulpa de acerola procedente de la planta de vegetales del IIIA, y goma guar como estabilizante-espesante, suministrada por la Unidad Empresarial de Base Combinado Héroes de Girón, Matanzas, Cuba.

Caracterización de las materias primas

Al lactosuero y a la pulpa de acerola se les realizaron las siguientes determinaciones: contenido de sólidos totales por gravimetría con una termobalanza marca Sartorius (Oficina Nacional de Normalización, 2015), contenido de sólidos solubles obtenido con un refractómetro de ABBE, modelo VB32T a temperatura de 20 °C (Oficina Nacional de Normalización, 2001a); acidez total valorable a través de titulación potenciométrica con solución estandarizada de hidróxido de sodio (Oficina Nacional de Normalización, 2006b) y pH obtenido con un medidor de pH Crison (modelo *pH meter Basic*) (Oficina Nacional de Normalización, 2001b).

Además, se le determinó al lactosuero el contenido de grasa por el método Gerber (Oficina Nacional de Normalización, 2003) y la densidad, mediante densímetro graduado entre 1,00 y 1,21 kg/l, modelo TGL O-1279, a 20 °C (Oficina Nacional de Normalización, 2006a).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño de mezclas D-Óptimo, con el empleo del programa Design-expert, versión 8.0. Se definieron como variables independientes: (A) suero lácteo (60-70 %), (B) pulpa de acerola (15-30 %) y (C) jarabe de fructooligosacáridos (FOS) (5-15 %), obteniendo 16 experimentos propuestos por el programa (tabla 1). Se empleó además como variable fija un 0,1 % de goma guar (Colominas-Aspuro et al., 2023) y las variables de respuesta consideradas fueron aceptabilidad y estabilidad.

Las formulaciones se prepararon según las proporciones del diseño de experimentos, manteniendo constante la concentración de goma guar (0,1 %) y variando las concentraciones de lactosuero, jarabe de FOS y pulpa de acerola. El lactosuero se pasteurizó a 75 °C durante 15 minutos y luego se mezcló con el estabilizante, manteniéndose 10 minutos bajo agitación a 1000 rpm y temperatura de 75 °C. Posteriormente se añadió el jarabe FOS y la pulpa de acerola, homogenizando la mezcla en equipo FT9 Homogeniser Armfield Ltd Ringwood, Inglaterra, a 300 PSI y se pasteurizó nuevamente a 75 °C durante 15 minutos. La bebida obtenida se dejó refrescar hasta alcanzar una temperatura de 30 °C y se envasó en botellas de tereftalato de polietileno de 500 ml, manteniéndose a una temperatura de 4-6 °C para su posterior evaluación.

Evaluación de las variables de respuesta en las formulaciones

La aceptabilidad fue evaluada por un panel de ocho catadores adiestrados de la Unidad Empresarial de Base “Queso Siboney”, mediante una escala hedónica estructurada de siete categorías desde 1: “me disgusta mucho” hasta 7: “me gusta mucho” (Espinosa Manfugás, 2007). Por su parte, la estabilidad de las formulaciones se evaluó por el mismo grupo de catadores entrenados, a las 24 horas de elaboradas las formulaciones, mediante una escala de cinco puntos: 1: presencia de dos fases bien definidas, 2: presencia de grumos o gelificación y sedimentos, 3: presencia de dos fases poco definidas, 4: mínima separación en la superficie y 5: uniformidad con ausencia de separación de fases (Colominas-Aspuro et al., 2023).

Tabla 1. Matriz del diseño experimental

Formulación	A) Suero lácteo (%)	B) Pulpa de acerola (%)	C) Jarabe FOS (%)
1	70,00	15,00	14,90
2	70,00	21,36	8,54
3	63,94	21,02	14,94
4	68,20	18,95	12,76
5	70,00	15,00	14,90
6	66,39	26,19	7,32
7	63,94	21,02	14,94
8	65,00	29,90	5,00
9	60,00	29,93	9,98
10	65,00	29,90	5,00
11	62,93	26,41	10,55
12	65,93	23,06	10,91
13	70,00	24,90	5,00
14	65,93	23,06	10,91
15	60,00	24,95	14,95
16	60,00	29,93	9,98

Fuente: Elaboración propia

Caracterización de la mejor formulación

A la mejor formulación de la bebida se le realizaron las determinaciones de sólidos totales, sólidos solubles, densidad, acidez total valorable y pH, empleando las metodologías antes descritas (Oficina Nacional de Normalización, 2001a, 2001b, 2006a, 2006b, 2015).

Se realizó además la caracterización sensorial de la bebida mediante análisis descriptivo cuantitativo, por un panel de ocho jueces adiestrados en una sala de cata, evaluando la intensidad de siete descriptores (homogeneidad, viscosidad, color rojo, olor y sabor a acerola, sabor dulce y sabor ácido) mediante una escala semiestructurada de 10 cm, acotada en los extremos, desde 0 (ausencia del atributo) hasta 10 (muy marcada intensidad del atributo). Se evaluó además la

calidad general de la bebida mediante una escala similar, pero acotando los extremos desde 0 (pésima) hasta 10 (muy buena) (Espinosa Manfugás, 2007).

Así mismo, se realizó a una prueba de aceptación poblacional con 100 consumidores, mediante una escala hedónica de preferencia, estructurada en 5 categorías, desde 1: me disgusta mucho, hasta 5: me gusta mucho (Espinosa Manfugás, 2007).

Procesamiento estadístico de los resultados

Las variables de respuesta del diseño (aceptabilidad y estabilidad) fueron evaluadas con los modelos lineal, cuadrático, cúbico y cúbico especial. Para seleccionar el modelo de mejor ajuste se consideró el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de determinación ajustado, y la significación estadística de los factores estudiados en el diseño de mezcla (suero lácteo, pulpa de acerola y jarabe de FOS) que se determinó mediante análisis de varianza con un nivel de significación del 95 % ($\alpha = 0,05$).

Además, para evaluar el efecto del sexo y el grupo etario sobre los resultados de la prueba de aceptación poblacional, se utilizó la prueba Z de proporciones, con el objetivo de determinar la existencia o no de diferencias significativas entre las categorías sensoriales consideradas (me gusta mucho, me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta y me disgusta mucho) correspondientes a cada variable.

El procesamiento estadístico descrito se realizó con el empleo de los programas Design-Expert® Versión 8.0.6 y SPSS Statistics Versión 22.

Resultados y discusión

Caracterización de las materias primas

Los resultados de la caracterización de las materias primas de suero lácteo y pulpa de acerola se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Indicadores fisicoquímicos de la materia prima

Indicador	Suero lácteo	Pulpa de acerola
Sólidos totales (%)	6,4 $\pm$ 0,06	12,17 $\pm$ 0,12
Sólidos solubles (°Brix)	5,0 $\pm$ 0,06	8,1 $\pm$ 0,06
pH	5,91 $\pm$ 0,02	3,48 $\pm$ 0,03
Acidez (% ácido láctico)	0,30 $\pm$ 0,006	-
Acidez (% ácido cítrico)	-	0,61 $\pm$ 0,02
Densidad (g/cm ³)	1,03 $\pm$ 0,006	-
Grasa (%)	0,62 $\pm$ 0,02	-

*Valores medios de tres determinaciones $\pm$ desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados de los indicadores fisicoquímicos del suero lácteo, se observan concentraciones de sólidos totales (6,4 %), similares a las reportadas por otros investigadores en un rango entre 6,12 % y 6,44 % (Castillo, 2013; Monsalve & González, 2005; Rodríguez-Villacis & Hernández-Monzón, 2017; Sakhale et al., 2012; Yonis et al., 2014), sin embargo, los sólidos solubles (5 °Bx) fueron inferiores a los valores de 5,7 y 6,6 °Bx, reportados por Mohamed et al. (2014) y Brito et al. (2015), respectivamente.

En relación con el pH, el valor obtenido (5,91) estuvo en el rango para un suero dulce, pero resultó inferior a los reportados por Castillo (2013), Brito et al. (2015) y Rodríguez González et al. (2020), quienes obtuvieron valores de 6,30 %, 6,45 % y 6,55 %, respectivamente. Consecuentemente, la acidez total valorable (0,3 %) fue superior a la encontrada por estos investigadores, pero similar al 0,32 % obtenido por Mohamed et al. (2014), quienes utilizaron lactosuero en la elaboración de una bebida funcional de papaya. Finalmente, la densidad del suero (1,03 g/cm³) y el contenido de grasa (0,62 %) fueron similares a los reportes de diferentes autores que han elaborado bebidas refrescantes o fermentadas con este subproducto (Colominas-Aspuro et al., 2023; Rodríguez González et al., 2020; Rodríguez-Villacis & Hernández-Monzón, 2017; Ruiz-Díaz, Cabrera-Bustamante et al., 2018).

La variabilidad encontrada en los indicadores fisicoquímicos del suero puede atribuirse a la interacción compleja entre diferentes factores, como la calidad de la leche utilizada, el tipo de queso producido y los aspectos tecnológicos específicos del proceso de elaboración del queso (Molero-Méndez et al., 2017).

Con relación a las características fisicoquímicas de la pulpa de acerola (tabla 2), el contenido de sólidos totales (12,17 %) fue similar al 13,3 % reportado por Aragüez-Fortes et al. (2020), pero inferior al 17,5 % obtenido por Ruiz-Díaz, Iglesias et al. (2018), mientras que la concentración de sólidos solubles (8,1 °Bx) fue superior a las referidas por otros estudios que oscilaron entre 6,3 y 6,5 °Bx (de Abreu Costa et al., 2022; Ruiz-Díaz, Iglesias et al., 2018; Sardiñas-Reynaldo et al., 2018). Por su parte, el pH (3,48) y la acidez (0,61 %) se ubicaron en los intervalos de 3,4-3,6 % y 0,6-0,7 %, respectivamente, obtenidos por otros investigadores (Aragüez-Fortes et al., 2020; Iglesias et al., 2019; Sardiñas-Reynaldo et al., 2018).

Las variaciones en los indicadores fisicoquímicos de la pulpa de acerola pueden atribuirse al grado de maduración de la fruta. Investigaciones recientes han demostrado que un aumento en el grado de madurez de la fruta puede conllevar a un incremento en los sólidos solubles de 8 a 12 °Brix, y a un aumento del pH de 3,5 a 3,7 (Pereira Gomes Filho et al., 2021).

Resultados del diseño experimental

Los resultados de las variables de respuesta según el diseño de mezcla empleado para evaluar las formulaciones de la bebida de suero lácteo con pulpa de acerola y FOS se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la matriz del diseño experimental

Formulación	A) Suero lácteo (%)	B) Pulpa de acerola (%)	C) Jarabe FOS (%)	Aceptabilidad	Estabilidad (%)
1	70,00	15,00	14,90	5,30	4,4
2	70,00	21,36	8,54	5,90	4,6
3	63,94	21,02	14,94	6,00	4,4
4	68,20	18,95	12,76	6,40	4,5
5	70,00	15,00	14,90	5,00	4,5
6	66,39	26,19	7,32	5,20	4,6
7	63,94	21,02	14,94	6,00	4,5
8	65,00	29,90	5,00	4,90	4,5
9	60,00	29,93	9,98	5,00	4,6
10	65,00	29,90	5,00	4,80	4,4
11	62,93	26,41	10,55	5,20	4,6
12	65,93	23,06	10,91	6,20	4,6
13	70,00	24,90	5,00	5,70	4,6
14	65,93	23,06	10,91	6,10	4,4
15	60,00	24,95	14,95	5,80	4,6
16	60,00	29,93	9,98	5,00	4,5

Fuente: Elaboración propia

La variable de estabilidad no se ajustó a ninguno de los modelos evaluados, con valores no significativos de probabilidad (p) superiores a 0,05 ($p_{\text{modelo lineal}} = 0,6059$; $p_{\text{modelo cuadrático}} = 0,1798$; $p_{\text{modelo cúbico}} = 0,5872$; $p_{\text{modelo cúbico especial}} = 0,2156$). Los resultados mostraron que todas las formulaciones fueron estables, al menos hasta las 24 horas de elaboradas, con valores entre 4,4 (mínima separación en la superficie) y 4,6 (uniformidad con ausencia de separación de fases), lo que sugiere que la concentración de goma guar empleada en el estudio (0,1 %) fue suficiente para garantizar la estabilidad de las formulaciones. Estos resultados fueron consistentes con los reportes de otros investigadores que emplearon concentraciones similares del estabilizador en la elaboración de una bebida refrescante de suero lácteo con harina de arroz y concentrado de naranja (Colominas-Aspuro et al., 2023).

La variable de respuesta aceptabilidad, evaluada mediante análisis sensorial, reflejó que todas las formulaciones recibieron criterios positivos al encontrarse valoraciones en las respuestas entre: “Me gusta ligeramente” y “Me gusta”, destacándose de modo particular la formulación 4, compuesta por 68,20 % de suero, 18,95 % de pulpa de acerola y 12,76 % de jarabe de FOS, la cual recibió la puntuación más alta (6,4).

En este sentido, los resultados obtenidos para la aceptabilidad se ajustaron a un modelo cúbico, el cual presentó valores de coeficientes de correlación (R^2) y R^2 ajustado, superiores al resto de los modelos ensayados (tabla 4).

Tabla 4. Resumen del ajuste de los modelos estadísticos para la aceptabilidad

Modelo	Desviación estándar	Coefficiente de determinación (R^2)	R^2 ajustado
Lineal	0,5051	0,2204	0,1005
Cuadrático	0,2837	0,8108	0,7162
Cúbico especial	0,2705	0,8453	0,7421
Cúbico	0,1172	0,9806	0.9516

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza para la variable de respuesta aceptabilidad y el procesamiento estadístico del modelo cúbico seleccionado arrojaron la siguiente ecuación:

Aceptabilidad

$$\begin{aligned}
 &= -7,18 A + 5,13 B - 10,80 C + 26,90 AB + 56,51 AC + 34,53 BC \\
 &- 66,38 ABC + 24,12 AB (A - B) - 4,93 AC (A - C) \\
 &- 28,06 BC (B - C)
 \end{aligned}$$

Donde X_1 es la concentración de suero, X_2 es la concentración de pulpa de acerola y X_3 es la concentración de jarabe de FOS empleadas en el diseño.

La ecuación obtenida evidencia un efecto positivo lineal de la concentración de pulpa de acerola (+5,13) y efectos negativos de las concentraciones de suero lácteo (-7,18) y jarabe de FOS (-10,80), sin embargo, las interacciones positivas suero-acerola, suero-jarabe FOS y acerola-jarabe FOS tuvieron un mayor impacto, dados los valores superiores de sus coeficientes (+26,9; +56,51 y +34,53, respectivamente). Este comportamiento, unido al elevado coeficiente negativo de la interacción suero-acerola-jarabe FOS (-66,38) y a los efectos de diferente signo y magnitud del resto de las interacciones de la ecuación, sugieren la existencia de concentraciones óptimas de las variables evaluadas. La superficie de respuesta del modelo (figura 1) corrobora esta hipótesis, evidenciando valores máximos de aceptabilidad en el entorno cercano a la formulación 4 (68,20 % de suero, 18,95 % de pulpa de acerola y 12,76 % de jarabe de FOS).

La optimización numérica del diseño de mezcla se realizó empleando las restricciones que se muestran en la tabla 5 y sugirió 12 formulaciones con valores de conveniencia estadística igual a 1 (tabla 6).

Tabla 5. Criterios para la optimización del diseño de mezcla

	Meta	Límite inferior	Límite superior
A. Suero lácteo (%)	En rango	60	70
B. Pulpa de acerola (%)	En rango	15	30
C. Jarabe FOS (%)	En rango	5	15
Aceptabilidad	Maximizar	4,8	6,4

Fuente: Elaboración propia

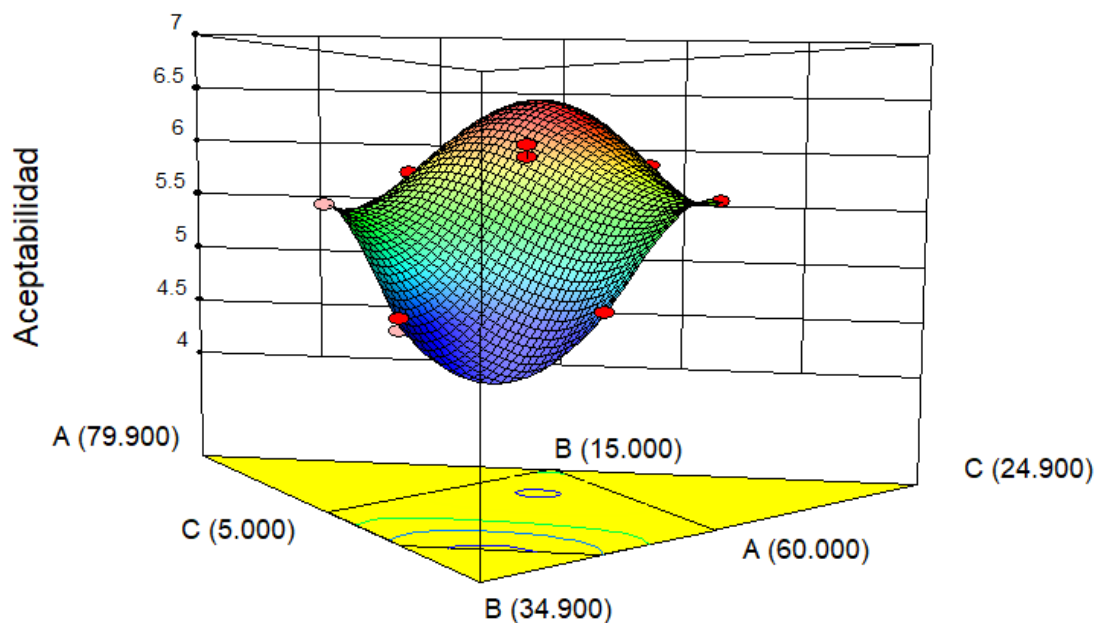


Figura 1. Superficie de respuesta para la variable de aceptabilidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Formulaciones optimizadas propuestas

	A) Suero lácteo (%)	B) Pulpa de acerola (%)	C) Jarabe FOS (%)	Aceptabilidad	Conveniencia estadística
1	67,535	20,659	11,706	6,46808	1
2	66,931	20,060	12,909	6,50929	1
3	66,942	21,021	11,938	6,44729	1
4	68,198	18,946	12,756	6,49419	1
5	67,348	18,716	13,836	6,42414	1
6	67,215	20,337	12,349	6,50827	1
7	67,989	19,561	12,350	6,51722	1
8	66,301	20,155	13,444	6,45182	1
9	66,365	21,122	12,413	6,43105	1
10	68,855	19,436	11,609	6,42626	1
11	66,796	19,307	13,797	6,44171	1
12	67,276	19,643	12,981	6,50262	1

Fuente: Elaboración propia

Cualquiera de las mezclas óptimas propuestas pudiera ser empleada, sin embargo, se eligió la formulación 7 debido a su mayor aceptabilidad predictiva (6,52). Así, al realizar aproximaciones que faciliten el proceso tecnológico, se plantea como mejor formulación la mezcla compuesta

por 67,9 % de lactosuero, 20 % de pulpa de acerola, 12 % de jarabe de FOS y 0,1 % de goma guar.

Evaluación de la formulación seleccionada

La formulación seleccionada presentó un contenido de sólidos solubles de $17 \pm 0,30$ °Bx y un pH de $3,9 \pm 0,10$, valores similares a los obtenidos por otros investigadores que elaboraron bebidas mixtas de mango y acerola (Ruiz-Díaz, Iglesias et al., 2018), y jugos de frutas fortificados con FOS (Renuka et al., 2009). La acidez total (expresada en % de ácido láctico) fue de $0,47 \pm 0,006$, coincidente con el reporte de Rodríguez-Villacis y Hernández-Monzón (2017) en una bebida fermentada de suero, con la adición de jugo de aloe vera y pulpa de guanábana. Finalmente, el contenido de sólidos totales fue de $20,67 \pm 0,05$ %, coincidente con el valor de 19,23 % reportado por Miranda Miranda et al. (2019).

Los resultados del análisis cuantitativo descriptivo (figura 2) evidenciaron que los catadores caracterizaron a la bebida refrescante de suero con homogeneidad entre “moderada” y “marcada” (6,2), lo que pudo deberse a la presencia de partículas en suspensión, aportadas por la pulpa de acerola, que, si bien no afectaron la estabilidad por la acción de la goma guar, sí influyeron en las características texturales del producto final.

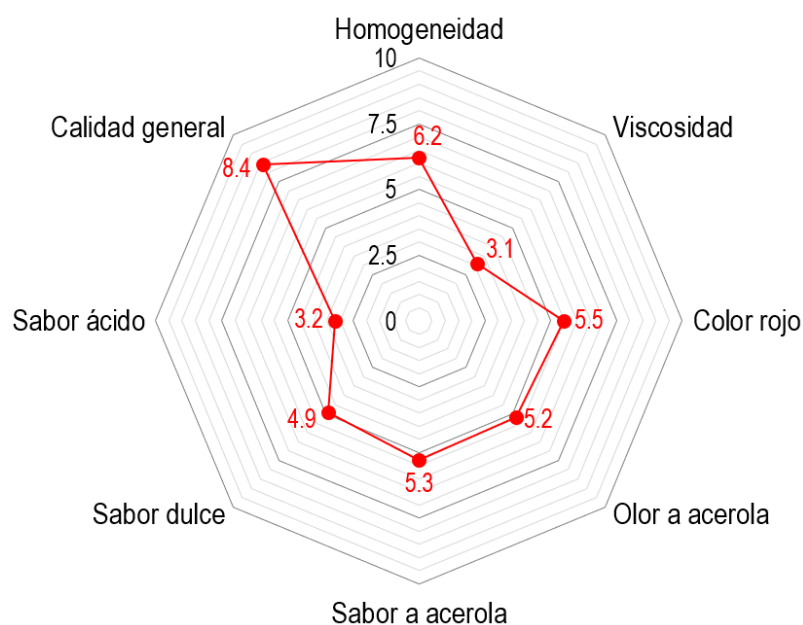


Figura 2. Resultados del análisis cuantitativo descriptivo de la bebida de suero lácteo con pulpa de acerola y jarabe de FOS

Fuente: Elaboración propia

Los atributos color rojo, olor y sabor a acerola fueron evaluados de “moderado” (5,5, 5,2 y 5,3, respectivamente), mientras que la viscosidad se catalogó como “ligera” (3,1), semejante a un néctar de frutas. El sabor ácido se catalogó como “ligero” (3,2) y el sabor dulce como “moderado” (4,9), lo que sugiere que la presencia del jarabe de FOS enmascaró la acidez aportada

por el suero y la pulpa de acerola, siendo además el responsable del sabor dulce y logrando un equilibrio entre ambos atributos. La calidad general recibió calificaciones entre “buena” y “muy buena” (8,4), lo cual evidenció que la bebida refrescante de suero fue aceptada por los catadores. Los resultados de la aceptación poblacional de la bebida (figura 3) evidenciaron que el producto tuvo un 80 % de aceptación (24 % en la categoría de “Me gusta mucho” y 56 % en la categoría de “Me gusta”), lo que resultó consistente con las opiniones de los catadores entrenados.

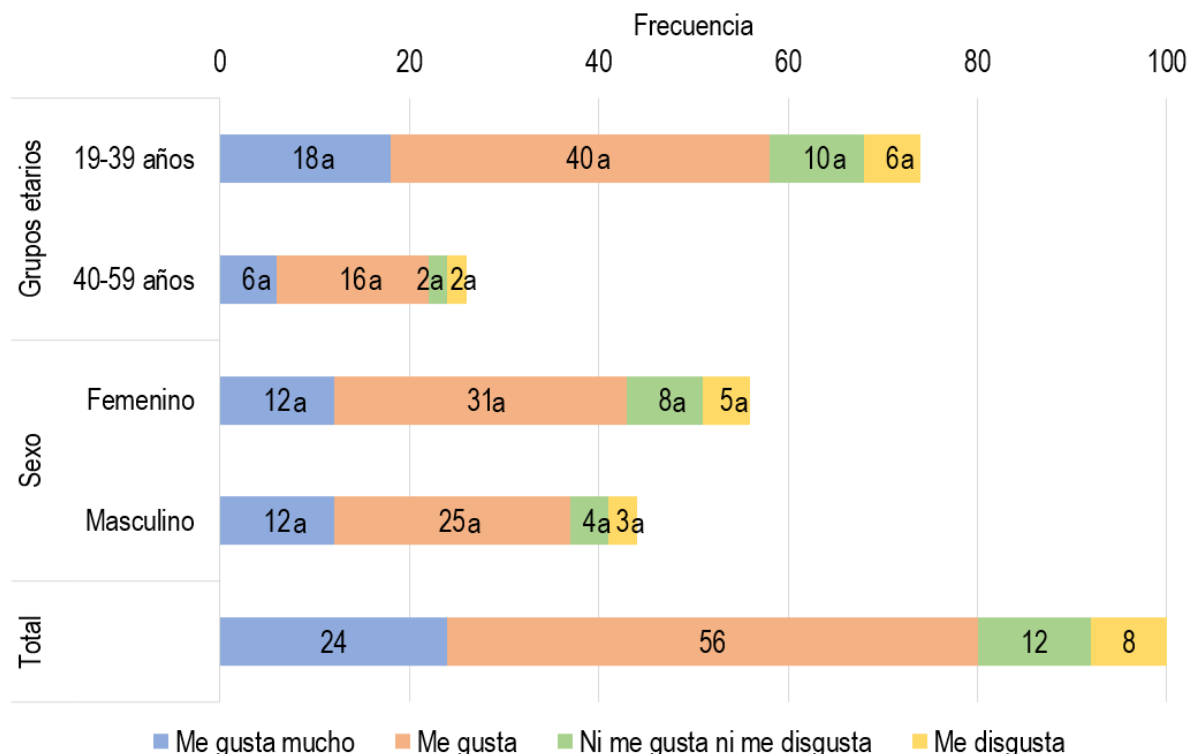


Figura 3. Resultados de la aceptación poblacional de la bebida de suero lácteo con pulpa de acerola y jarabe de FOS

Notas aclaratorias: cada letra del subíndice denota un subconjunto, cuyas proporciones de categoría de preferencia no difieren de forma significativa para los grupos etarios y para el sexo, con un nivel de significación del 95 %.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la prueba Z de proporciones no arrojó diferencias significativas entre las categorías de aceptación para el sexo y el grupo etario (figura 3), lo que indicó que ninguna de estas dos variables influyó en la preferencia de los consumidores por la bebida de lactosuero con pulpa de acerola y jarabe de FOS.

Conclusiones

Los resultados de la composición, aceptación sensorial y estabilidad de la bebida de lactosuero con pulpa de acerola y jarabe de FOS validaron el cumplimiento de los objetivos propuestos en el presente estudio. La composición de la mejor formulación de la bebida se obtuvo con 67,9 % de lactosuero, 20 % de pulpa de acerola, 12 % de jarabe de FOS y 0,1 % de goma guar, evidenciando una buena estabilidad de la suspensión al menos hasta las 24 horas de elaborada. La bebida se caracterizó por tener homogeneidad, color, olor, sabor a acerola y sabor dulce “moderados”, mientras que la viscosidad y el sabor ácido se evaluaron como “ligeros” y la calidad global como “buena”. La evaluación de la aceptación poblacional con 100 consumidores fue del 80 %.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unidad Empresarial de Base “Queso Siboney”, al Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y Tecnoazúcar Habana, a la planta de vegetales del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia y a la Unidad Empresarial de Base Combinado Héroes de Girón, Matanzas, Cuba; por su apoyo en el suministro de las materias primas empleadas en esta investigación.

Contribución de los autores

Dainelis Rodríguez González: conceptualización de la investigación, diseño de metodología, desarrollo de la parte experimental, curación de datos, redacción del borrador inicial; Ana Maritza Colominas Aspuro: conceptualización de la investigación, diseño de metodología, curación de datos, supervisión de la investigación, redacción del borrador inicial; Héctor Manuel Zumbado Fernández: diseño de metodología, diseño y procesamiento estadístico, redacción, revisión y edición final.

Implicaciones éticas

Todos los autores declaran que el trabajo se encuentra en un estado de desarrollo en el que no presenta implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Financiación

El presente trabajo de investigación fue financiado en un 100 % por el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana.

Referencias

- Adjonu, R., Doran, G., Torley, P., & Agboola, S. (2013). Screening of whey protein isolate hydrolysates for their dual functionality: Influence of heat pre-treatment and enzyme specificity. *Food Chemistry*, 136(3-4), 1435-1443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.053>
- Aragüez-Fortes, Y., Pino-Alea, J. A., & Rodríguez, L. M. (2020). Influencia de las condiciones del proceso en las propiedades físicas de la pulpa de acerola secada por aspersión. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 30(1), 32-37. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/86>
- Arce-Méndez, J. R., Thompson-Vicente, E., & Calderón-Villaplana, S. (2015). Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco. *Agroonomía Mesoamericana*, 27(1), 61-71. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21878>
- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., & Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105-116. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.13>
- Brito, H., Santillán, A., Arteaga, M., Ramos, E., Villalón, P., & Rincon, A. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 11(26), 257-268. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6245>
- Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Moraes, J., Pires, R. P. S., Rocha, R. S., Silva, R., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Freitas, M. Q., Rodrigues, F. N., Calado, V. M. A., Raices, R. S. L., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2018). Whey acerola-flavoured drink submitted Ohmic Heating: Bioactive compounds, antioxidant capacity, thermal behavior, water mobility, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Chemistry*, 263, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.115>
- Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Pires, R. P. S., Cavalcanti, R. N., Bisaggio, R. C., Freitas, M. Q., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2018). Whey acerola-flavoured drink submitted ohmic heating processing: Is there an optimal combination of the operational parameters? *Food Chemistry*, 245, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.019>
- Castillo, Y. (2013). *Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de una bebida nutricional a base de lactosuero, maca y chicuro* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3059>
- Colominas-Aspuro, A. M., González-Alfaro, R., Rodríguez-González, D., González, J., & Hernández-Monzón, A. (2019). Bebida fermentada de suero con harina de arroz y pulpa de mango. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(1), 1-6. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/3>

- Colominas-Aspuro, A. M., Rodríguez-González, D., & Zumbado-Fernández, H. M. (2023). Bebida refrescante de suero lácteo con adición de harina de arroz y sabor naranja. *Agronomía Mesoamericana*, 34(2), 51970. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51970>
- Corrochano, A. R., Arranz, E., De Noni, I., Stuknytė, M., Ferraretto, A., Kelly, P. M., Buckin, V., & Giblin, L. (2018). Intestinal health benefits of bovine whey proteins after simulated gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 49, 526-535. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.08.043>
- de Abreu Costa, J. de A., de Oliveira Santos, J. T., Abreu Bacelar, R. G., Martins Carneiro, R., Neri Silva, D. S., Gomes Pereira Nóbrega, M. M., & Sanches Muratori, M. C. (2022). Dairy drink fermented with chia seed and acerola syrup: Physicochemical, microbiological, and sensory characterization. *Ciência Animal Brasileira*, 23. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v23e-72395E>
- De Assis, S. A., Fernandes, F. P., Martins, A. B. G., & Mascarenhas de Faria Oliveira, O. M. (2008). Acerola: importance, culture conditions, production and biochemical aspects. *Fruits*, 63, 93-101. <https://doi.org/10.1051/fruits:2007051>
- Espinosa Manfugás, J. M. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria.
- Iglesias, I., Pino, J. A., Rodríguez, A., Ruiz, Y., Bolumen, S., González, J., & Pedroso, H. (2019). Formulación y caracterización de un puré de guayaba con acerola. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(1), 59-63. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/14>
- Kherade, M., Solanke, S., Tawar, M., & Wankhede, S. (2021). Fructooligosaccharides: A comprehensive review. *Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*, 7(3), 193-200. <https://doi.org/10.31254/jahm.2021.7305>
- Kumar, C. G., Sripada, S., & Poornachandra, Y. (2018). Chapter 14—Status and Future Prospects of Fructooligosaccharides as Nutraceuticals. En A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Role of Materials Science in Food Bioengineering* (pp. 451-503). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811448-3.00014-0>
- Lima, N., Afonso, M., Costa, J. M., & Carvalho, J. (2019). Powdered beverage mix with acerola pulp, whey and maltodextrin. *Revista Ciência Agronômica*, 50, 578-583. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190068>
- Mann, B., Kumari, A., Kumar, R., Sharma, R., Prajapati, K., Mahboob, S., & Athira, S. (2015). Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3235-3241. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1361-3>
- Mezadri, T., Fernández-Pachón, M. S., Villaño, D., García-Parrilla, M. C., & Troncoso, A. M. (2006). El fruto de la acerola: Composición y posibles usos alimenticios. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(2), 101-109. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222006000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Miranda Miranda, O., Fonseca Palma, P. L., Ponce Palma, I., Cedeño Agramonte, C., Rivero, L. S., & Martí Vázquez, L. (2019). Una bebida probiótica con posibles aplicaciones terapéuticas elaborada a escala industrial a partir del suero de leche. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 29(2), 347-358. <https://revalnutricion.sld.cu/index.php/rcan/article/view/928>
- Mohamed, A. G., Hayam, H. A., & Zayan, F. A. (2014). Physicochemical and microbiological properties of papaya functional beverages based on sweet cheese whey. *Life Science Journal*,

- 11(3s), 257-263.
https://www.lifesciencesite.com/ljs/life1103s/039_25676life1103s14_257_263.pdf
- Molero-Méndez, M., Castro-Albornoz, G., & Briñez-Zambrano, W. (2017). Evaluación físico-química del lactosuero obtenido de la producción de queso blanco aplicando un método artesanal. *Revista Científica*, XXVII(3), 149-153.
<https://www.redalyc.org/journal/959/95952010003/html/>
- Monsalve, J., & González, D. (2005). Elaboración de un queso tipo ricotta a partir de suero lácteo y leche fluida. *Revista Científica*, XV(6), 543-550.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95915609>
- Mustelier-Casola, D., Álvarez-Serrano, I. M., Nápoles-Abreu, O., & Crespo-Zafra, L. M. (2021). Potencialidades para la producción de leche fermentada simbiótica de cabra en Camagüey. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 5(9), 122-137.
<https://doi.org/10.46296/yc.v5i9ucedespsoct.0127>
- Oficina Nacional de Normalización. (2001a). *Productos de frutas y vegetales. Determinación del contenido de sólidos solubles. Código refractométrico (ISO 2173: 1978, IDT)*. Oficina Nacional de Normalización de Cuba.
https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2001/N_C-ISO%202173.pdf
- Oficina Nacional de Normalización. (2001b). *Productos de frutas y vegetales. Determinación del pH (ISO 1842: 1991, IDT)*. Oficina Nacional de Normalización de Cuba.
https://ftp.isdi.co.cu/biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2001/N_C-ISO%201842.pdf
- Oficina Nacional de Normalización. (2003). *Leche. Determinación del contenido de materia grasa. Método de rutina (ISO 2446:1996, IDT)*. Oficina Nacional de Normalización de Cuba.
https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2003/N_C%20ISO%202446%20%20a2003%2018p%20kjl.pdf
- Oficina Nacional de Normalización. (2006a). *Leche. Determinación de densidad (NC 119:2006)*. Oficina Nacional de Normalización de Cuba.
https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2006/N_C%20119%20a2006%205p%20lkd.pdf
- Oficina Nacional de Normalización. (2006b). *Yogur - determinación de la acidez titulable - método potenciométrico (ISO 11869:1997, IDT)*. Oficina Nacional de Normalización de Cuba.
https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2006/N_C%20ISO%2011869%20%20a2006%206p%20trm.pdf
- Oficina Nacional de Normalización. (2015). *Conservas de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos totales (NC-ISO 1112:2015)*. Oficina Nacional de Normalización de Cuba.
- Özer, B., & Evrendilek, G. A. (2022). Chapter 6 - Whey beverages. En A. G. da Cruz, C. S. Ranadheera, F. Nazzaro, & A. M. Mortazavian (Eds.), *Dairy Foods* (pp. 117-137). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820478-8.00012-2>

- Panghal, A., Patidar, R., Jaglan, S., Chhikara, N., Khatkar, S. K., Gat, Y., & Sindhu, N. (2018). Whey valorization: Current options and future scenario - a critical review. *Nutrition & Food Science*, 48(3), 520-535. <https://doi.org/10.1108/NFS-01-2018-0017>
- Pereira Gomes Filho, A. A., Ferreira Pereira, J. A., Herbster Moura, C. F., & Alcântara de Miranda, M. R. (2021). Bioactive content during the development of the acerola cv. BRS 238 (Frutacor). *Research, Society and Development*, 10(2), e42410212640. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12640>
- Purkiewicz, A., & Pietrzak-Fiećko, R. (2021). Antioxidant properties of fruit and vegetable whey beverages and fruit and vegetable mousses. *Molecules*, 26(11), 3126. <https://doi.org/10.3390/molecules26113126>
- Renuka, B., Kulkarni, S. G., Vijayanand, P., & Prapulla, S. G. (2009). Fructooligosaccharide fortification of selected fruit juice beverages: Effect on the quality characteristics. *LWT - Food Science and Technology*, 42(5), 1031-1033. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.11.004>
- Rodríguez, O., Cortada, A., Rodríguez, J. A., & Santos, B. (2012). Fructooligosacáridos y probióticos en leches fermentadas, una alternativa nutricional y saludable. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22(3), 53-59. <https://revcital.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/563>
- 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://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/5157>
- Rodríguez-Martínez, O., Pérez-Cruz, E., Martínez-García, D., Fernández-Torres, J., Pavón-Verdecia, M., & Jiménez-Soto, L. (2019). Evaluación de la estabilidad de prebióticos durante el proceso de elaboración y conservación de una leche fermentada simbiótica. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(2), 48-53. <https://revcital.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/25>
- Rodríguez-Martínez, O., Rodríguez-Martínez, J. A., Trujillo-Toledo, L. E., Pérez-Cruz, E. R., León-Alomá, Y., Hernández-Sánchez, O., Nieto-Tabares, M., Nuñez de Villavicencio, M., & Santos-Carballal, B. (2017). Leche fermentada simbiótica con sirope prebiótico cubano. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27(3), 21-27. <https://revcital.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/112>
- Rodríguez-Villacis, D. H., & Hernández-Monzón, A. (2017). Desarrollo de una bebida fermentada de suero con la adición de jugo de Aloe vera y pulpa de fruta. *Tecnología Química*, 37(1), 40-50. <https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/5>
- Rohit, I., Chavan, K., More, R., & Dnyaneshwar, W. (2020). Studies on effect of using kiwi (*Actinidia deliciosa*) fruit extract on sensory properties of fruit based Chhana whey beverage. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 522-526. <https://www.phytojournal.com/archives/2020.v9.i6.12944/studies-on-effect-of-using-kiwi-actinidia-deliciosa-fruit-extract-on-sensory-properties-of-fruit-based-chhana-whey-beverage>
- Ruiz-Díaz, Y., Iglesias, I., Pedroso, H., Duarte, C., Guevara, Y., & García, L. E. (2018). Desarrollo de un néctar mixto de mango y acerola. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 14-20. <https://revcital.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/32>

- Ruiz-Díaz, F., Cabrera-Bustamante, F. A., Pérez-Pérez, R., & Rodríguez-Miranda, G. (2018). Formulación de una bebida a base de lactosuero con sabor a maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.). *Revista Ciencia Nor@ndina*, 1(2), 88-93. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v1n2p88>
- Sabater-Molina, M., Larqué, E., Torrella, F., & Zamora, S. (2009). Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 65(3), 315-328. <https://doi.org/10.1007/BF03180584>
- Sakhale, B. K., Pawar, V. N., & Ranveer, R. C. (2012). Studies on the development and storage of whey based RTS beverage from mango cv. Kesar. *Journal of Food Processing and Technology*, 3(3), 1-4. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000148>
- Sardiñas-Reynaldo, L., Iglesias-Enríquez, I., Nuñez de Villavicencio, M., Guevara-Albo, Y., & Chapé-Hall, Y. (2018). Formulación y caracterización de néctar de guayaba y acerola. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(2), 30-35. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/60>
- Sharma, R., Choudhary, R., Thakur, N. S., Bishist, R., & Thakur, A. (2020). Optimization of fructooligosaccharide fortified low calorie apple-whey based RTS beverage and its quality evaluation during storage. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 39(10), 17-28. <https://doi.org/10.9734/cjast/2020/v39i1030625>
- Soares de Castro, R. J., & Sato, H. H. (2014). Comparison and synergistic effects of intact proteins and their hydrolysates on the functional properties and antioxidant activities in a simultaneous process of enzymatic hydrolysis. *Food and Bioproducts Processing*, 92(1), 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.07.004>
- Thamer, K. G., & Barretto Penna, A. L. (2005). Efeito do teor de soro, açúcar e de fructooligosacarídeos sobre a população de bactérias lácticas probióticas em bebidas fermentadas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 41, 393-400. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322005000300013>
- Yasmin, A., Butt, M. S., Yasin, M., & Qaisrani, T. B. (2015). Compositional analysis of developed whey based fructooligosaccharides supplemented low- calorie drink. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1849-1856. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1535-z>
- Yonis, A. A. M., Nagib, R. M., & AboNishouk, L. A. (2014). Utilization sweet whey in production of whey guava beverages. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 5(10), 731-739. <https://doi.org/10.21608/jfds.2014.53212>
- Zhang, Q. X., Ling, Y. F., Sun, Z., Zhang, L., Yu, H. X., Kamau, S. M., & Lu, R. R. (2012). Protective effect of whey protein hydrolysates against hydrogen peroxide-induced oxidative stress on PC12 cells. *Biotechnology Letters*, 34(11), 2001-2006. <https://doi.org/10.1007/s10529-012-1017-1>