

APROVECHAMIENTO DEL LACTOSUERO PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS INNOVADORES DEL SECTOR ALIMENTOS Y COSMÉTICOS

José Roberto Jacobo Marroquín

Ingeniero Químico. Docente Investigador, Escuela de Ingeniería Química, ITCA-FEPADE, Santa Tecla.

Correo electrónico: jose.jacobo@itca.edu.sv

Alma Verónica García Barrera

Ingeniera Química, Máster en Sistemas de Calidad y Productividad. Docente Coinvestigadora, Escuela de Ingeniería Química, ITCA-FEPADE, Santa Tecla.

Correo electrónico: alma.garcia@itca.edu.sv

Recibido: 31/05/2024 - Aceptado: 17/07/2024

Resumen

El lactosuero, un subproducto generado en la producción de queso y otros productos lácteos, ha sido tradicionalmente considerado un desecho o un problema ambiental debido a su alto contenido de nutrientes y su potencial impacto al desecharlos en los cuerpos de agua si no se maneja adecuadamente. Sin embargo, en las últimas décadas, ha surgido un interés creciente en aprovechar este subproducto como materia prima para el desarrollo de productos innovadores en la industria alimentaria y cosmética.

El lactosuero es una fuente rica en proteínas de alta calidad y otros nutrientes convirtiéndolo en un recurso valioso para la formulación de diversos productos alimenticios. En esta investigación, desarrollada por la Escuela de Ingeniería Química de ITCA-FEPADE y el Centro de Investigación y Educación en Ciencias Aplicadas CEICA, se formularon y desarrollaron cuatro tipos de productos: bebidas hidratantes, yogur y sorbetes para el sector alimentario y jabón líquido para el sector cosmético.

Se realizaron pruebas de estabilidad, donde se evaluó la capacidad de los ingredientes para mantener la calidad del producto durante su vida útil; se realizaron pruebas de panel sensorial para evaluar el aspecto, aroma, sabor y textura de los productos, obteniendo así una experiencia sensorial satisfactoria para el consumidor.

El desarrollo de estos productos innovadores a partir del lactosuero, no solo contribuye a reducir el desperdicio de alimentos y a mitigar el impacto ambiental asociado con su disposición, sino que también abre nuevas oportunidades de negocio y valor agregado para la industria láctea y agroindustrial. Además, estos productos pueden ofrecer beneficios nutricionales, funcionales y económicos para los consumidores, así como también ventajas competitivas para las empresas que los producen.

Con el propósito de aprovechar los resultados de esta investigación, se realizará la transferencia de conocimiento y tecnología a través del Centro de Educación e Investigación en Ciencias Aplicadas CEICA a productores lácteos del país, para que evalúen el interés en la fabricación y comercialización de estos productos alimenticios y cosmético.

Palabras clave

Lactosuero, productos lácteos, industria lechera-control de la producción, bebidas lácteas, lactosa, derivados de la leche, agroindustria.

USE OF WHEY FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE PRODUCTS FOR THE FOOD AND COSMETICS SECTORS

Abstract

Whey, a by-product generated in the production of cheese and other dairy products, has traditionally been considered a waste or an environmental issue due to its high nutrient content and potential impact when disposed of in water bodies if improperly handled. However, in recent decades, there has been a growing interest in taking advantage of this by-product as a raw material for developing innovative products in the food and cosmetics industries.

Whey is a rich source of high-quality proteins and other nutrients, making it a valuable resource for formulating various food products. In this research, developed by the Escuela de Ingeniería Química of ITCA-FEPADE and the Center for Research and Education in Applied Sciences CEICA, four types of products were formulated and developed: hydrating drinks, yogurt, and ice cream for the food sector, and liquid soap for the cosmetics sector.

Stability tests were conducted to assess the ingredients' capacity to maintain the quality of the product during its shelf life; sensory panel tests were performed to evaluate the products' appearance, aroma, taste, and texture, ensuring a satisfactory sensory experience for the consumer.

Developing these innovative products from whey contributes to reducing food waste and mitigating the environmental impact associated with its disposal. It also opens new business opportunities and offers added value for the dairy and cosmetics industry. In addition, these products can offer nutritional, functional, and economic benefits for consumers as well as competitive advantages for the companies that produce them.

To leverage the results of this research, knowledge and technology transfer will be carried out through the Center for Research and Education in Applied Sciences CEICA to dairy producers in the country, allowing them to evaluate their interest in manufacturing and commercializing these food and cosmetic products.

Keyword

Whey, dairy products, dairy industry-production control, dairy drinks, lactose, milk-derived products, agroindustry.

Introducción

En la actualidad, la gestión eficiente de los subproductos industriales se ha convertido en un pilar esencial para promover la sostenibilidad y la eficiencia en diversas industrias. En este contexto, el lactosuero, un coproducto de la industria láctea que anteriormente se consideraba un desecho problemático, ha ganado un reconocimiento creciente como un recurso valioso con múltiples aplicaciones. La investigación se enfocó en el desarrollo de productos innovadores utilizando lactosuero como ingrediente principal. Se exploraron y desarrollaron cuatro productos: yogur, sorbete, bebida hidratante y jabón líquido.

La diversificación de productos alimenticios y de cuidado personal mediante la utilización de lactosuero, ofrece una oportunidad única para agregar valor a este subproducto lácteo y al mismo tiempo abordar problemas relacionados con la gestión de residuos. Con los resultados de esta investigación se busca, no solo ampliar la gama de productos disponibles en el mercado, sino también fomentar prácticas sostenibles y eficientes en la cadena alimentaria, aprovechando al máximo un subproducto que, con las tecnologías actuales, puede transformarse en una valiosa fuente como ingrediente para diversas aplicaciones.

A los productos formulados y desarrollados, se les realizaron pruebas de estabilidad, se les evaluó la capacidad de los ingredientes para mantener la calidad del producto durante su vida útil; adicionalmente se realizaron pruebas con un panel sensorial para evaluar el aspecto, aroma, sabor y textura, dando como resultado una experiencia sensorial satisfactoria para el consumidor.



Fig. 1. Desarrollo de panel sensorial.

Desarrollo

Tipos de lactosuero. El lactosuero es un subproducto líquido que se puede clasificar en diferentes tipos según su origen y procesamiento.

• Según su origen del lactosuero, se clasifica en:

1. Lactosuero dulce. Se genera a través de la precipitación de las proteínas por hidrólisis específica de la k-caseína, mediante coagulación enzimática. Su pH es similar al de la leche original y no experimenta cambios significativos en su contenido mineral. Un lactosuero dulce, proviene de la fabricación de quesos de pasta cocida y prensada (vaca) y quesos de ovejas; es pobre en ácido láctico, en calcio y fósforo; el pH es mayor a 6.0 y presentan niveles de grados Dormic mayores a 50°D.

2. Lactosuero ácido. Se genera a partir del sobrante obtenido después de la coagulación ácida o láctica de la caseína. Presenta un pH cercano a 4.5 debido a la producción de ácido láctico y alto contenido de minerales (más del 80% de los minerales de la leche de partida) y presentan niveles de Grados Dormic inferiores a 20°D. [1]

• Según su procesamiento, el lactosuero se clasifica en:

1. Lactosuero dulce desmineralizado. Es un producto obtenido a partir de la eliminación de minerales del suero lácteo pasteurizado. Se pueden alcanzar niveles de desmineralización del 25%, 50% y 90%. El producto seco no debe contener más del 7% de cenizas. La desmineralización se logra a través de técnicas de separación físicas como precipitación, filtración o diálisis. Además, se puede ajustar la acidez del suero lácteo desmineralizado mediante la adición de ingredientes de pH adecuado y seguro [2].

2. Lactosuero desproteínizado. El polvo del suero desproteínizado es elaborado mediante un proceso llamado ultrafiltración, en el cual se remueve una parte de la proteína del suero dulce. El resultado es un producto seco que contiene más del 80% de lactosa [3].

3. Lactosuero concentrado. El lactosuero concentrado es aquel en el que se ha eliminado parte del contenido de agua del suero para obtener una mayor concentración de nutrientes y compuestos bioactivos. Este proceso de concentración puede llevarse a

cabo mediante diferentes métodos, como la evaporación, la ultrafiltración o la ósmosis inversa. El resultado es un lactosuero con mayor densidad y contenido de nutrientes, lo que lo hace adecuado para su uso en la fabricación de productos lácteos, alimentos funcionales y suplementos nutricionales [4].

Composición química y calidad nutricional del lactosuero.

El lactosuero, derivado de la producción de queso, presenta una variada composición química que lo distingue como una fuente valiosa de nutrientes. En términos generales, representa aproximadamente el 55% de los nutrientes principales presentes en la leche, incluyendo un 96% de lactosa (46 g/L a 52 g/L), un 25% de proteínas (6 g/L a 10 g/L) y un 8% de materia grasa (5 g/L) [5].

Debido a la variabilidad en la composición del suero, es importante evaluar su calidad técnica y funcional, así como su valor biológico. Esto permitirá optimizar su uso en diferentes tecnologías y adaptar su procesamiento a las condiciones específicas de cada quesería regional.

La calidad nutricional del lactosuero se destaca por su contenido de proteínas, lactosa, grasa y minerales, especialmente calcio y fósforo. Las proteínas del lactosuero exhiben un valor biológico excepcional, superando al de las proteínas del huevo y la soya. La lactosa, componente mayoritario y sus derivados prebióticos, promueven el crecimiento de microorganismos beneficiosos para la salud. La fracción lipídica, rica en ácidos grasos poliinsaturados, contribuye a sus propiedades funcionales y bioactivas.

Lactosuero como residuo industrial y su impacto ambiental.

Aproximadamente el 47% de los 115 millones de toneladas de lactosuero producido anualmente a nivel mundial se desecha en el medio ambiente, lo que representa una pérdida significativa de una valiosa fuente de alimentación y contribuye a problemas de contaminación ambiental [6].

El lactosuero contiene una alta carga orgánica, con valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) entre 40,000-60,000 mg/L y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 50,000-80,000 mg/L. Estos niveles elevados de contaminantes orgánicos hacen que el lactosuero sea una fuente significativa de contaminación del agua si no se trata adecuadamente [7].

Algunas soluciones propuestas para minimizar el impacto ambiental de este subproducto son:

- Tratamiento eficiente. Implementar tecnologías avanzadas de tratamiento para reducir la carga orgánica del lactosuero antes de su descarga al medio ambiente.
- Recuperación de componentes valiosos. Desarrollar procesos que permitan la recuperación de componentes valiosos del lactosuero, como la lactosa, proteínas y minerales, para su uso en la industria alimentaria u otros sectores.

- Reutilización y Reciclaje. Explorar opciones para la reutilización y reciclaje del lactosuero en la producción de alimentos u otros productos, minimizando así el desperdicio.

METODOLOGÍA

El lactosuero es un líquido que se obtiene durante la elaboración del queso, después de la separación y eliminación de la caseína de la leche. Tiene un color amarillo verdoso translúcido, aunque puede variar dependiendo de la calidad y tipo de leche utilizada. Aunque no es apto para ser comercializado directamente como suero líquido, el lactosuero es altamente valorado por sus propiedades y composición, siendo utilizado como medio de cultivo en diversos procesos fermentativos. El Codex-Alimentarius define el suero como el fluido resultante de la separación de la cuajada durante la fabricación del queso [8].

Método de estudio. Se considera una investigación de tipo retrospectiva porque se toman como referencia estudios anteriores relacionados al aprovechamiento del lactosuero para el desarrollo de nuevos productos. También es del tipo experimental por tener como objeto de estudio la formulación, desarrollo y aceptación de productos en los cuales se incluya el lactosuero como materia prima con la finalidad de recuperar este desecho y darle una vida útil dentro de los procesos productivos industriales.

Desarrollo de productos alimenticios. La metodología utilizada para el desarrollo de los productos alimenticios se hizo bajo la aplicación de protocolos estandarizados en este caso se utilizó el protocolo USA.

Producto 1 Yogur

Caracterización del lactosuero para Yogur. A la muestra de lactosuero se le realizaron pruebas fisicoquímicas para determinar de qué composición partíamos para la formulación de yogur. Se realizó una medición por triplicado para conocer el pH de las muestras. Posteriormente se realizó una caracterización instrumental por medio de un analizador de leche marca Aczet, modelo Ultrasonic Milk Analyzer (Milk Pro+).



Fig. 2. Analizador de leche modelo Ultrasonic Milk Analyzer

Desarrollo de Yogur. Para el desarrollo de yogur nos basamos en la formulación genérica para preparación de yogur, el objetivo era sustituir la mayor cantidad de leche líquida de la fórmula original, por lactosuero dulce, sin generar cambios en las características organolépticas del mismo. Se probaron tres formulaciones de yogur:

- Formulación 1: Integración de 40% de lactosuero
- Formulación 2: Integración de 60% de lactosuero
- Formulación 3: Integración de 50% de lactosuero

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de yogur son: leche líquida, leche en polvo y cultivo bacteriano Selection Mild 1.

El proceso general de preparación y desarrollo de los tres prototipos de yogur se resumen en: Pasteurización del lactosuero, mezcla de leches, homogeneización de la mezcla, adición del cultivo bacteriano, incubación y fermentación de la mezcla.

Los tres prototipos desarrollados fueron analizados en un Viscosímetro Brookfield DVE, para observar la relación de viscosidad con el contenido de lactosuero en fórmula.



Fig. 3. Elaboración de Yogur.

Producto 2 Sorbete

Caracterización del lactosuero para Sorbete. A la muestra de lactosuero se le realizaron pruebas físicoquímicas para determinar de qué composición partíamos para la formulación de sorbete.

- Se realizó la medición de pH de la muestra de lactosuero usando un potenciómetro portátil.
- Se midieron los grados Brix de la muestra de lactosuero usando un refractómetro portátil.

Desarrollo de Sorbete. Para el desarrollo de sorbete nos basamos en la formulación genérica para preparación de sorbete, el objetivo era sustituir la mayor cantidad de leche líquida de la fórmula original, por lactosuero dulce, sin generar cambios en las características organolépticas del mismo. Se probaron tres formulaciones de sorbete:

- Formulación 1: Sustitución de 50% de leche líquida en fórmula por lactosuero
- Formulación 2: Sustitución de 60% de leche líquida en fórmula

por lactosuero

- Formulación 3: Sustitución de 100% de leche líquida en fórmula por lactosuero

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de sorbete son: leche líquida, leche en polvo, yema de huevo, azúcar, saborizante y estabilizador HERMEL F1146-L.

El proceso general de preparación y desarrollo de los tres prototipos de sorbete se resumen en: Pasteurización del lactosuero, mezcla de leches, homogeneización de la mezcla, incorporación de yemas de huevo, mantecación y almacenamiento de la mezcla.

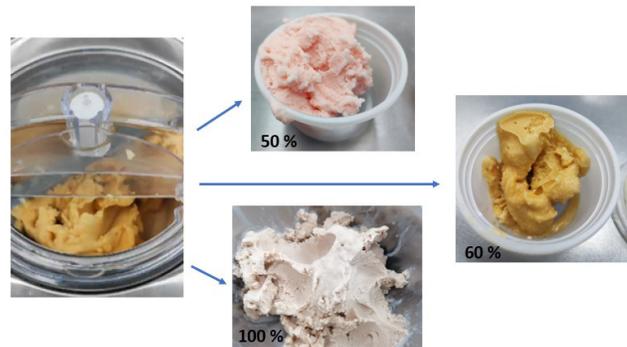


Fig. 4. Proceso de elaboración de sorbete.

Producto 3 Bebida hidratante

Para el desarrollo de las bebidas hidratantes partimos de la riqueza de componentes nutricionales del lactosuero para desarrollar una bebida hidratante con base de lactosuero, el objetivo era integrar los sabores más estables y adecuados a la naturaleza del lactosuero ácido. Se probaron tres formulaciones de bebidas:

- Formulación 1: Integración de 50% de lactosuero
- Formulación 2: Integración de 70% de lactosuero
- Formulación 3: Integración de 80% de lactosuero

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de bebidas hidratantes son: agua, azúcar, saborizante, colorante y lactosuero.

El proceso general de preparación y desarrollo de los tres prototipos de bebida hidratante se resumen en: Pasteurización del lactosuero, mezcla azúcar-agua-lactosuero, homogeneización de la mezcla, incorporación de colorante y saborizante, envasado y refrigeración.

Panel sensorial para prototipos de yogur, sorbete y bebida hidratante

Se conformó un panel sensorial para el análisis de los prototipos, yogur, sorbete y bebida hidratante. Se utilizó una prueba de aceptabilidad afectiva con escala hedónica de 5 puntos para la evaluación de los atributos: sabor, aroma, textura, color y apariencia de las muestras a analizar.



Fig. 5. Bebida hidratante elaborada.

Producto 4 Jabón líquido

Para el desarrollo de los prototipos de jabón líquido partimos de las características del lactosuero (dulce y ácido) para desarrollar un jabón líquido con base de lactosuero, el objetivo era integrar los componentes que con el tiempo proporcionaran mejor estabilidad al producto. Se probaron formulaciones con lactosuero dulce y lactosuero ácido:

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de jabón líquido son: lauril sulfato de sodio, fragancia, hidantoína, TEA (trietanolamina), solución de NaCl al 20%.

El proceso general de preparación y desarrollo de los seis prototipos de jabón líquido se resumen en: Pasteurización del lactosuero, filtración del lactosuero, mezcla de tensoactivos, incorporación de lactosuero y envasado.



Fig. 6. Prototipos de jabón líquido.

Resultados

Los resultados para este estudio están basados en la caracterización de las muestras de lactosuero, el desarrollo de los productos en el laboratorio y el panel sensorial como consumidores de los productos alimenticios.

Producto Yogur. En la Tabla I y II se muestran los parámetros fisicoquímicos evaluados para el lactosuero a utilizar para el desarrollo de los prototipos de yogur.

Tabla I. Medición del PH del lactosuero para yogur.

Medición 1	6.11
Medición 2	6.50
Medición 3	6.32
Promedio	6.31

Tabla II. Parámetros fisicoquímicos del lactosuero para yogur.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Grasa (F)	0.1%	0.0%	0.05%
Sólidos No Grasos (SNG)	7.87%	9.30%	8.59%
Densidad (D)	1029 kg/m ³	1040.8 kg/m ³	1034.9 kg/m ³
Lectura Lactométrica Corregida (CLR)	31.4	37.2	34.2
Proteína (P)	2.8%	3.4%	3.1%
Lactosa (L)	4.3%	5.1%	4.7%
Contenido de Agua Añadida (W)	3.9%	0.0%	1.95%
Temperatura (T)	18.54 °C	22.02 °C	20.28 °C
Punto de congelación (Fp)	-0.478 °C	-0.568 °C	-0.523 °C
Sales (SI)	0.60%	0.70%	0.65%

En la Tabla III se evidencia la relación de concentración de lactosuero respecto a la viscosidad, la cual es inversamente proporcional.

Tabla III. Resultados de la viscosidad para tres prototipos de yogur.

Concentración de Lactosuero (%v/v)	Viscosidad (mPa.S)
40	649.5
50	340.2
60	288.0

En la Figura 7 se muestra los resultados comparativos de las formulaciones de yogur evaluadas por el panel sensorial, siendo la muestra A la formulación 1 (40%), la muestra B la formulación 3 (50%) y la muestra C la formulación 2 (60%).

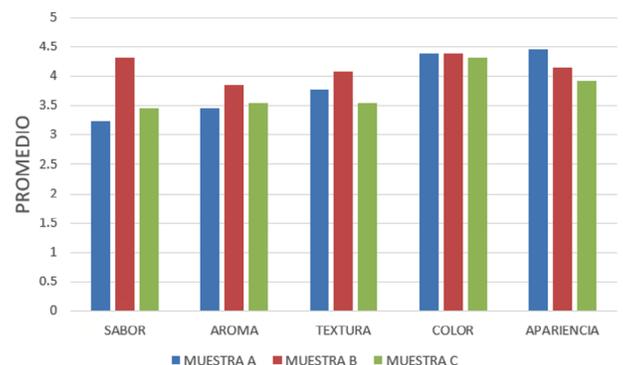


Fig. 7. Gráfica comparativa de atributos sensoriales para las tres muestras de yogur formuladas

En la Figura 8 se muestran los resultados comparativos de la formulación con lactosuero mejor aceptada, Muestra B, formulación 3, 50%, con respecto a una muestra de yogur comercial.

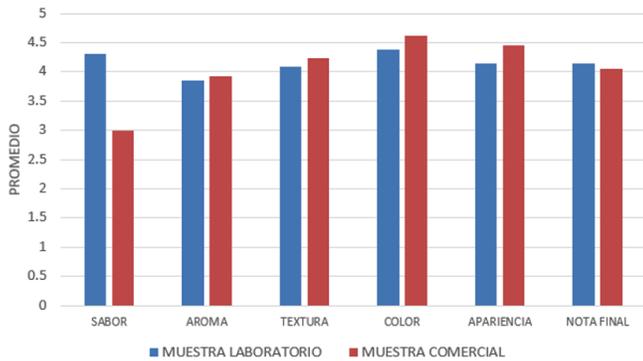


Fig. 8. Gráfica comparativa de los atributos de la muestra de yogur seleccionada contra una muestra de yogur comercial

Producto sorbete. Los resultados de la caracterización de la muestra de lactosuero para la formulación de sorbete se presentan en la Tabla IV.

Tabla IV. Parámetros fisicoquímicos del lactosuero para sorbete.

Variable	Valor
pH	6.7
Grados Brix	5.2

De las formulaciones generadas, se optó por seleccionar la muestra con formulación de 100% de sustitución de leche líquida por lactosuero, ya que tenía mejor consistencia y mejores parámetros sensoriales. Esta muestra se contrastó con una elaboración de sorbete sin la inclusión de lactosuero en fórmula. En la Tabla V se evidencian los resultados de los parámetros medidos.

Tabla V. Caracterización de sorbetes formulados.

Muestra	pH	Grados Brix
Sorbete sin lactosuero en fórmula	6.85	33.27
Sorbete con sustitución de 100% leche por lactosuero	6.20	22.63

En la Figura 9 se muestran los resultados de los atributos sensoriales de las muestras de sorbete evaluadas por el panel sensorial.

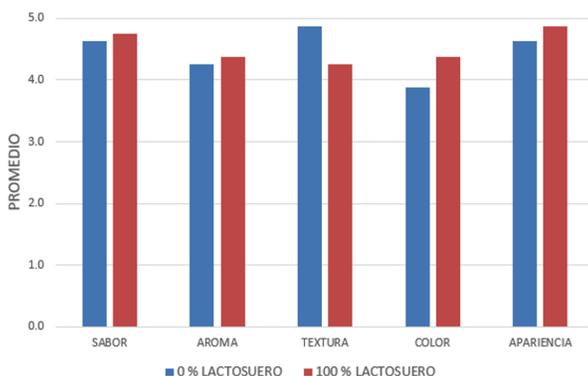


Fig. 9. Gráfica comparativa de los atributos de la muestra de sorbete seleccionada y sorbete sin lactosuero

Producto bebida hidratante. Los resultados de la caracterización de la muestra de lactosuero para la formulación de una bebida hidratante se presentan en la Tabla VI.

Tabla VI. Parámetros fisicoquímicos del lactosuero bebida hidratante.

Variable	Valor
pH	4.47
Grados Brix	7.7

En la Figura 10 se muestran los resultados de los atributos sensoriales de las muestras de bebida hidratante sabor mandarina, siendo la muestra A la formulación 2 (70%), la muestra B la formulación 3 (80%) y la muestra C la formulación 1 (50%).

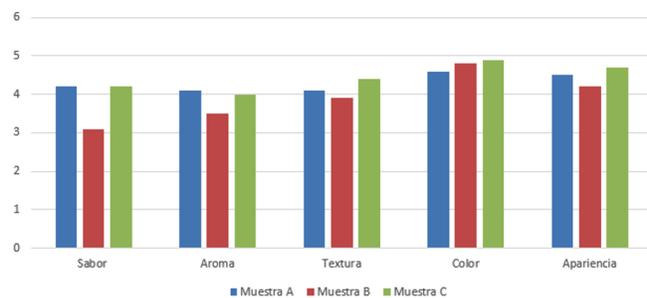


Fig. 10. Gráfica comparativa de los atributos sensoriales de las tres formulaciones de bebida hidratada sabor mandarina

Producto jabón líquido. Los resultados de la caracterización de las muestras de lactosuero pasteurizado (1 y 2) y del fermento de lactosuero para la formulación de jabón líquido se presentan en la Tabla VII.

Tabla VII. Resultado de análisis fisicoquímicos de lactosuero dulce.

Parámetro	Pasteurizado 1	Pasteurizado 2	Fermento de lactosuero
pH	5.3	5.4	5.3
Grasa	0%	0%	0.01%
Sólidos no grasos	8.13%	8.01%	8.39%
Lactosa	4.4%	4.4%	4.6%
Punto de congelamiento	0.495 °C	0.487 °C	0.512 °C
Densidad	1.0301g/mL	1.0296 g/mL	1.031 g/mL
Proteína	2.9%	2.9%	3.0%
Sales	32.5%	32%	33.5%
Agua	0.7%	2.2%	0%

En la Tabla VIII se muestran los resultados de los parámetros de calidad medidos de los diferentes prototipos de jabón líquido.

Tabla VIII. Pruebas de calidad de prototipos base de lactosuero dulce

Prueba	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
pH	7.9 - 8.1	5.0 - 5.5	5.1 - 5.4
Espumabilidad	Abundante	Poca	Poca
Untuosidad	Buena	Mala	Buena
Aspecto	Líquido, viscoso y traslúcido	Líquido fluido con presencia de natas y ligas	Líquido viscoso, con presencia de natas y ligas
Olor	Característico	Característico	Característico

Prueba	Prototipo 4	Prototipo 5
pH	4.8 - 7.3	7.6 - 7.7
Espumabilidad	Buena	Buena
Untuosidad	Buena	Buena
Aspecto	Líquido turbio, viscoso	Líquido viscoso, traslúcido, sin presencia de natas o sedimentos
Olor	Rancio	Característico

Los resultados de la caracterización de las muestras de lactosuero pasteurizado ácido para la formulación de jabón líquido se presentan en la Tabla IX.

Tabla IX. Análisis fisicoquímico a muestras de lactosuero ácido

Parámetro	Pasteurizado ácido
pH	5.0
Grasa	0.1%
Sólidos no grasos	8.96%
Lactosa	4.9%
Punto de congelamiento	0.55 °C
Densidad	1.0331g/mL
Proteína	3.2%
Sales	35.8%
Agua	0.0%

En la Tabla X se muestran los resultados de los parámetros de calidad medidos del prototipo de jabón líquido base lactosuero ácido.

Tabla X. Pruebas de calidad de prototipo base lactosuero ácido

Prueba	Prototipo 6
pH	6.7
Espumabilidad	Buena
Untuosidad	Buena
Aspecto	Líquido viscoso, opaco, con sedimento
Olor	Fuerte olor a rancio

Resultados del producto jabón líquido

La expectativa inicial de desarrollar un jabón líquido a partir de lactosuero ácido no fue viable. Se observó que la formulación más estable se logró con lactosuero dulce. De los 6 prototipos formulados y probados, el prototipo #5 desarrollado con lactosuero dulce, fue el que presentó mejores condiciones y estabilidad.

Conclusiones

- **Producto Yogur.** La incorporación de lactosuero dulce en la formulación de yogur natural demostró ser aceptable, tanto desde el punto de vista de la fórmula como del panel sensorial, logrando un equilibrio efectivo en una proporción del 50%. El prototipo resultante exhibió las características deseadas comparables a las de un yogur comercial estándar, evidenciando un desarrollo satisfactorio de las cepas lácticas involucradas. Aunque se observó que el período de fermentación fue ligeramente prolongado en comparación con el proceso convencional de yogur sin lactosuero, este ajuste es manejable y no compromete significativamente la viabilidad del producto.
- **Producto Sorbete.** La capacidad de sustituir por completo la leche líquida por lactosuero dulce en fórmula, sin comprometer la calidad ni las propiedades sensoriales del sorbete, emerge como una estrategia de gran relevancia, no solo desde el punto de vista económico al reducir significativamente los costos en la formulación y desarrollo del producto, sino también por haber logrado una estabilidad en la mantecación y obtener un sorbete que cumpla con todas las características organolépticas deseadas. Este hallazgo no solo representa un avance significativo en la optimización de recursos en la producción de sorbetes, sino que también abre una vía aplicable y promisorio en las industrias lácteas para el aprovechamiento eficiente del lactosuero.
- **Producto Bebida Hidratante.** La elección estratégica de sabores que contrarresten la naturaleza láctea del lactosuero no solo mejora la aceptación sensorial del producto, sino que también diversifica las opciones disponibles en el mercado de bebidas hidratantes. Además, el valor nutricional agregado derivado de los nutrientes presentes en el lactosuero, lo posiciona como una alternativa atractiva y funcional para los consumidores de estas bebidas. En términos económicos, su bajo costo de producción proporciona una ventaja competitiva, lo que representa una oportunidad valiosa para incursionar y destacar en el mercado de bebidas hidratantes.
- **Producto Jabón Líquido.** A pesar de la expectativa inicial de desarrollar un jabón líquido a partir de lactosuero ácido, se observó que la formulación más estable se lograba con lactosuero dulce. Este enfoque resultó en la creación de un producto aceptable para el público, destacando tanto por su estabilidad fisicoquímica como por su aceptación sensorial.

- La adaptación de la formulación para aprovechar las propiedades específicas del lactosuero, contribuyó al éxito del proyecto, subrayando la importancia de considerar la naturaleza intrínseca de los ingredientes en la formulación de productos innovadores.
- El lactosuero, considerado un residuo problemático, ha experimentado una transformación notable gracias a las tendencias tecnológicas actuales. Este artículo destaca la importancia de su aprovechamiento en campos como la nutrición, salud y biotecnología, resaltando sus propiedades nutricionales. La revisión de literatura especializada y el trabajo de laboratorio desarrollado, confirma la diversificación de aplicaciones y la oportunidad de aprovechamiento de este subproducto lácteo como un recurso valioso en la industria alimentaria salvadoreña.
- Realizar un seguimiento continuo al desarrollo de bebidas saborizadas a partir de lactosuero dulce, ya que representan una opción potencialmente beneficiosa como productos alimenticios de bajo costo. Este monitoreo permitirá evaluar la aceptación del mercado, ajustar las formulaciones según sea necesario y explorar oportunidades adicionales para la mejora y diversificación del producto. Dada la naturaleza económica de la propuesta, mantenerse informado sobre las tendencias del mercado y las preferencias del consumidor, puede ser esencial para maximizar el impacto y la viabilidad comercial de las bebidas saborizadas con lactosuero dulce.
- Se recomienda llevar a cabo una cuidadosa selección de los productos químicos utilizados en la formulación de jabón líquido, asegurándose de elegir aquellos que sean compatibles con el lactosuero. Esta consideración es esencial para obtener el producto deseado con estabilidad y propiedades físico-químicas óptimas. Se sugiere realizar pruebas y análisis específicos para determinar la compatibilidad de los ingredientes químicos con el lactosuero, contribuyendo así a la formulación de un jabón líquido estable y aceptable desde el punto de vista del consumidor

Recomendaciones

- Mantener una cadena de frío efectiva durante el almacenamiento del lactosuero. La preservación de bajas temperaturas es de vital importancia para prevenir la descomposición, asegurando así su calidad y permitiendo su utilización prolongada en la formulación y pruebas de laboratorio durante el desarrollo de los productos requeridos. Garantizar condiciones de almacenamiento adecuadas, no solo preserva las propiedades fisicoquímicas del lactosuero, sino que también contribuye a la consistencia y reproducibilidad de los resultados en el proceso de desarrollo de productos.
- Realizar la caracterización individual de cada muestra de lactosuero, ya que es fundamental comprender la naturaleza específica de este insumo. Aunque las muestras provengan de la misma industria o proceso, las transformaciones que experimenta pueden variar. Por lo tanto, se sugiere llevar a cabo pruebas y análisis específicos según la aplicación prevista. Esta práctica permitirá una comprensión más precisa de las propiedades y composición de cada muestra, facilitando la toma de decisiones informadas en el diseño y desarrollo de productos específicos. La individualización en la caracterización contribuirá a optimizar el uso y aprovechamiento del lactosuero en diversas aplicaciones industriales.
- Realizar investigaciones centradas en la reducción del tiempo de fermentación en el desarrollo de yogur, cuando se incluye el lactosuero en la fórmula. La optimización de este proceso es crucial, ya que representa un punto clave para mejorar la eficiencia y rentabilidad del producto final. La investigación específica sobre cómo acortar el tiempo de fermentación, no solo contribuirá a aumentar la eficacia del proceso de producción, sino que también puede tener un impacto significativo en la viabilidad económica del proyecto. La búsqueda de alternativas para agilizar este paso específico del proceso de yogur con lactosuero puede ser fundamental para maximizar los beneficios en términos de tiempo y recursos.

Referencias

- [1] J. Callejas Hernández, et al. (2012). "Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo", *Acta Universitaria*, vol. 22, nº 1, pp. 11-18, Ene./Feb. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41623193002.pdf>
- [2] EccoFeed, "suero de leche desproteinizado", EccoFeed. 2023. Accedido: 12 de enero 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.eccofeed.com/es/product/suero-de-leche-desproteinizado/>
- [3] Dairy Export Council. "Think USA Dairy", Accedido: 12 de enero 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.thinkusadairy.org/>
- [4] Dairy, «Ingredientes y proteína del suero letero» U.S. Dairy Export Council, 2017. Accedido: 12 enero 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/ingredientes-y-proteina-de-suero-lacteo/>
- [5] J. S. Yadav. et al., "Cheese whey: Apotential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides" *Biotechnology Advances*, vol. 33, nº 6, pp. 756-774, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002> [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/1iJ7wl>
- [6] R.M. Ben-Hassan, A. E. Ghaly, "Continuous propagation of *Kluyveromyces fragilis* in cheese whey for pollution potential reduction", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol. 47, pp. 89-105, 1994. [En línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02788678#citeas>
- [7] D. Fournier, J. P. Schwitzguébel y P. Péringer, "Effect of different heterogeneous inocula in acidogenic fermentation of whey permeate", *Biotechnology Letters*, vol. 15, pp. 627-632, 1993. [En línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00138553>
- [8] J. S. Ramirez Navas, "Aprovechamiento Industrial de Lactosuero Mediante Procesos Fermentativos", *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, vol. 6, pp.69-83, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8660041>