

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA FERMENTADA DE
LACTOSUERO INOCULADA CON BACTERIAS ACIDO LACTICAS**

NATALIA YINETH RODRIGUEZ MATEUS

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD
SEMINARIO ESPECIALIZADO: POLÍTICA PÚBLICA EN EL
APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE RESIDUOS
AGROALIMENTARIOS
ZIPAQUIRA
2022**

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA FERMENTADA DE
LACTOSUERO INOCULADA CON BACTERIAS ACIDO LACTICAS**

NATALIA YINETH RODRIGUEZ MATEUS

**TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO
DE ESPECIALISTA EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES.**

DIRECTORA

ANDREA VASQUEZ GARCIA

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

MAGISTER Y DOCTORA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD

SEMINARIO ESPECIALIZADO: POLÍTICA PÚBLICA EN EL

APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE RESIDUOS

AGROALIMENTARIOS

ZIPAQUIRA

2022.

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

ZIPAQUIRÁ, OCTUBRE DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCION.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACION.....	14
3. OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo general.....	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
4. DIAGRAMA DE FLUJO DE TODAS LAS OPERACIONES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO.....	17
5. SIMULACION DEL PROCESO DE PRODUCCION.....	19
6. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL PROCESO.....	20
7. OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	22
7.2 Condiciones iniciales del proceso de Fermentación (Rangos aproximados) según (Cury <i>et al.</i> ,2007).....	22
7.3 Diagrama de flujo de la fermentación.....	22
7.4 Tabla de corrientes y parámetros evaluados producción de ácido láctico:.....	23
7.5 Seguimiento del contenido de % Ácido láctico.....	24
7.6 Conclusiones del proceso fermentativo para la producción de Ácido Láctico en la bebida: ..	25
8. NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL VIGENTE EN EL.....	26
DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS.....	26
9. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	27
10. CONCLUSIONES.....	29
11. BIBLIOGRAFIA.....	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operaciones unitarias en la producción de una bebida probiótica fermentada de lacto suero.....	18
Tabla 2. Corrientes y Parámetros utilizados en la Simulación del bioproceso del proceso de fermentación.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lactosuero con bacterias ácido lácticas.....	17
Figura 2 . Diagrama de flujo proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lacto suero con bacterias ácido lácticas en simulador COCO.....	19
Figura 3. Simulación de Pasteurización y Fermentación del proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lacto suero con bacterias ácido lácticas en simulador COCO.	20
Figura 4. Simulación del bioproceso en demostración del proceso de fermentación	23
Figura 5. Producción de ácido láctico en la fermentación de una bebida de lactosuero...	24
Figura 6. Normatividad nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.....	26

GLOSARIO

DESPERDICIO DE ALIMENTOS: Es la disminución de alimentos en las etapas de distribución, retail y consumo. “El desperdicio de alimentos está ligado con el comportamiento, los hábitos de compra y consumo, y la manipulación de alimentos” (FAO, 2011).

FASE ESTACIONARIA: Etapa del desarrollo microbiano en el que finaliza el crecimiento es decir el número de microorganismos no aumenta más en el tiempo.

FASE EXPONENCIAL: Etapa en la cual la población asciende según una correlación exponencial y las células se dividen a una velocidad constante.

FERMENTACIÓN: Se define como la transformación que sufren algunas materias orgánicas por medio de la acción de enzimas segregadas por microorganismos

RESIDUO: Son los sobrantes generados en cualquier etapa de la cadena productiva de alimentos ya sea comestible o no.

SUBPRODUCTO: Alimento o producto secundario que obtiene del proceso de producción de alimentos o productos principales el cual se transforma dentro del mismo proceso productivo u otro proceso lo que genera valor agregado al alimento siendo un producto inocuo.

RESUMEN

El suero es un subproducto generado en industria láctea con una variedad de propiedades que se obtienen para utilizar en la industria de alimentos, sin embargo, estadísticas muestran que este residuo es desechado causando un problema ambiental. Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue realizar la simulación de un proceso de elaboración de una bebida probiótica fermentada de lacto suero con bacterias ácido-lácticas, utilizando el simulador de Procesos Industriales - Simulador COCO, se observaron las características del proceso y se seleccionaron los dos más influyentes como la pasteurización y la fermentación informando las variables más importantes en el proceso como lo son tiempo y temperaturas. Se desarrolló la simulación del proceso, en el software Superpro Designer con modelo cinético de Monod con una velocidad específica de crecimiento y una constante de saturación (K_s), inicialmente se investigaron las variables de fermentación del producto y se determinó que la fermentación se realizó en un sistema Batch, se llevó a cabo en un biorreactor; con el fin de evaluar la formación de ácido láctico con las siguientes condiciones: temperatura controlada: 37°C, velocidad controlada: 120rpm y tiempo: 48 horas. El proceso de fermentación se realizó en un sistema batch el cual dio como resultado una gran suma de ácido láctico, los resultados de este estudio permitieron ampliar la información sobre la obtención de ácido láctico en bebidas fermentadas con lactosuero y la utilización de este residuo en la industria para generar nuevos productos mediante la optimización de procesos que garanticen a las empresas un menor costo y mayor confiabilidad en el proceso.

Palabras Claves: Lacto suero, bebida fermentada, probiótica, simulación de procesos, Optimización de procesos.

ABSTRACT

Whey is a byproduct generated in the dairy industry with a variety of properties that are obtained for use in the food industry, however, statistics show that this residue is discarded causing an environmental problem. For this reason, the objective of this work was to carry out the simulation of a process of elaboration of a fermented probiotic drink of whey with lactic acid bacteria, using the simulator of Industrial Processes - Simulator COCO, the characteristics of the process were observed and selected. the two most prominent as pasteurization and fermentation reporting the most important variables in the process such as time and temperatures. The simulation of the process was demonstrated, in the Superpro Designer software with Monod's kinetic model with a specific growth rate and a saturation constant (K_s), initially the fermentation variables of the product were investigated and it was decreased that the fermentation was carried out in a Batch system, was carried out in a bioreactor; in order to evaluate the formation of lactic acid under the following conditions: controlled temperature: 37°C, controlled speed: 120rpm and time: 48 hours. The fermentation process was carried out in a batch system which resulted in a large sum of lactic acid, the results of this study allowed expanding the information on obtaining lactic acid in beverages fermented with whey and the use of this residue in the industry to generate new products by optimizing processes that guarantee companies a lower cost and greater reliability in the process.

Keywords: Whey Milk, Fermented Beverage, Probiotics, Process Simulation, Process Optimization.

INTRODUCCION

En Colombia la industria láctea es uno de los sectores más importantes en la economía del país, la producción para el año 2021 era de 7.821 millones de litros/año (Fedegan,2021), entre ellos un 40% se destina para la producción de queso se estima que por cada kilogramo de queso producido, la industria desperdicia entre 9 y 10 kilogramos de suero lácteo representando un 90% del total de leche usada en el proceso (Ladino,G.,2021) El suero se define como residuo líquido que obtiene de la precipitación y separación de la caseína de la leche en la elaboración del queso (Motta & Mosquera.,2015), la composición del lacto suero depende principalmente de la eliminación de la caseína y clasifica según su pH en suero dulce o ácido. El lactosuero dulce posee un pH entre 5.6 y 6.3, y es procedente de la elaboración de quesos duros, semiduros y algunos blandos; mientras que el suero ácido presenta un pH de 4.4 a 5.1 el cual se obtiene mediante la adición de ácido láctico en la producción del queso (Correa, M.,2015).

El suero lácteo en la industria se descarta o desecha, debido al desconocimiento de algunas empresas sobre las propiedades nutricionales de este subproducto y al problema para acceder a las tecnologías adecuadas para su manejo y procesamiento; asimismo no es aprovechado porque se observan restricciones en la normatividad alimentaria que permitan la utilización como ingrediente alimenticio.

No obstante, durante los últimos años se ha generado un interés en la utilización del lactosuero para la producción de productos de valor añadido, aprovechando los nutrientes como proteína, lactosa, minerales y vitaminas (Rodriguez *et al.*, 2020)

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) están en diferentes productos como el yogurt, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados y hacen parte de la alimentación del hombre desde hace mucho tiempo. Así mismos microorganismos probióticos se han reconocido como microorganismos benéficos en la industria y están siendo utilizados para mejorar la calidad del alimento (Velasquez *et al.*, 2007).

Bebidas fermentadas a partir del suero de queso como base después de la introducción de mezclas de bacterias probióticas como el *Lactobacillus acidophilus*, el *Lactobacillus casei*, el *Bifidum bacterium bifidum*, y el *Lactobacillus bulgaricus*; genera cambios en dicho proceso y como resultado mejoran el valor nutricional del producto (Morelo *et al.*, 2017).

El propósito de una fermentación industrial es la obtención de un producto de calidad a un bajo costo de producción. Una de las principales necesidades de las empresas es la de minimizar los costos de producción para ello las industrias mejoran sus procesos mediante la incorporación de nuevas tecnologías que ayuden a minimizar costos y mejorar la calidad del producto (Torres, J.,2020.)

El presente proyecto plantea la simulación de un proceso de fermentación para la elaboración de una bebida probiótica inoculada con bacterias ácido-lácticas del residuo generado en la industria de quesos denominado lactosuero en el departamento de Cundinamarca, como posible producto alimenticio en bebidas lácteas para la industria de alimentos, aprovechando el potencial nutricional del lactosuero y las propiedades de las bacterias Acido Lácticas y Probióticos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se calcula que a nivel mundial se desecha hasta una tercera parte de los alimentos para el consumo humano, generándose residuos desde el cultivo de la materia prima hasta su comercialización. En los últimos años, ha aumentado el interés en el aprovechamiento estos residuos desarrollando nuevas tecnologías que utilicen los residuos o subproductos generados para la producción de materias o sustancias con un valor agregado (Peñaranda *et al.*, 2017).

Las agroindustrias más representativas a nivel de Colombia son: la industria de carnes, las fábricas de alimentos procesados a partir de frutas y hortalizas y los productos lácteos. Estas Industrias tienen en común el utilizar un bien de origen agropecuario como insumo importante de sus procesos de producción (Cury *et al.*, 2017).

Tomando en cuenta los volúmenes de producción de suero de queso y sus propiedades nutricionales, al igual que el bajo costo de obtención y el insuficiente aprovechamiento industrial como alimento, es necesario potenciar su utilización como materia prima para la elaboración de bebidas lácteas (Marulanda *et al.*, 2020).

En la actualidad, el consumo de bebidas lácteas a partir de suero está muy difundido por su valor nutritivo y menor costo. Industrialmente el suero sirve como ingrediente en la elaboración del kefir, kumis y bebidas lácteas con frutas. Otra línea de producción creciente son las bebidas lácteas fermentadas con bacterias o mezclas de éstas con levaduras, las cuales generalmente se mezclan con jugos u hortalizas u otros saborizantes (Zambrano & Zambrano.,2013).

En el ámbito nacional se han tomado esfuerzos para el fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación, con la visión de promover el desarrollo productivo y social del país. (Fonseca *et al.*, 2017). En la agroindustria, las materias primas son sometidas a procesos de adecuación o transformación para darle valor agregado,

mediante la realización de operaciones unitarias para facilitar su consumo generando la alta producción de residuos, esto ha motivado a diferentes instituciones a adelantar proyectos o investigaciones tendientes a propiciar el aprovechamiento de estos generando diferentes alternativas de aprovechamiento (Cury *et al.*, 2017).

La presente investigación tiene como objetivo simular el proceso de fermentación de una bebida probiótica inoculada con bacterias ácido-lácticas del residuo generado en la industria de quesos denominado lactosuero en el departamento de Cundinamarca con el fin de conocer la producción de ácido láctico durante la fermentación.

Este subproducto es desechado y no se aprovechan en las industrias provocando así pérdidas económicas y una contaminación al ecosistema. Se establecen también los parámetros necesarios para que se pueda optimizar su producción. “Destacando la importancia de la Biotecnología en la optimización de procesos para el mejoramiento del aprovechamiento del suero” (Zambrano & Zambrano.,2013).

2. JUSTIFICACION

Los Procesos Biotecnológicos, conocidos como Bioprocesos, tienen gran potencial por ser procesos eficientes apoyados en el aprovechamiento de residuos agroalimentarios reforzados con la aplicación de las técnicas de simulación y modelación, combinados con software que se realizan en todas etapas del proceso (González., 2017). implementando el desarrollo de diversos procesos y/o productos que sean competitivos y cumplan con las respectivas normas de calidad para incursionar en el mercado (Peñaranda *et al.*, 2017).

Empresas productoras de queso “fermentan de manera espontánea el lactosuero por acción de microorganismos presentes en él, resultante de la leche cruda o por contaminación durante el proceso, esta reacción es favorecida por los sustratos que contiene el lactosuero y la temperatura ambiental de cada región, pero estas fermentaciones se provocan de manera no controlada de modo que en algunos casos podrían generar un riesgo para la salud del consumidor y van en deterioro de la calidad del producto obtenido; lo favorable es efectuar fermentaciones controladas utilizando microorganismos y condiciones apropiadas para garantizar mejoras en el proceso y en el producto obtenido” (Cury *et al.*, 2014).

Observando la problemática actual que atraviesa el departamento de Cundinamarca, es indispensable realizar una investigación con el objeto de buscar una solución a la contaminación ambiental originada por el vertimiento del lactosuero, de esta manera se busca encontrar una alternativa de producción de una bebida láctea que cumpla con los parámetros de la normatividad en Colombia.

Los altos volúmenes de producción de lactosuero en el mundo hacen posible su utilización como sustrato para la elaboración de bebidas fermentadas debido a su alto contenido de vitaminas y minerales (Zambrano & Zambrano.,2013), Además, para la industria alimentaria, el lactosuero establece una fuente económica de nutrientes el cual posee propiedades en una amplia gama de alimentos. “Los

productos del suero, mejoran la textura, realzan el sabor y color, emulsificante y estabilizan, mejoran las propiedades de flujo y muestran muchas otras propiedades funcionales que aumentan la calidad de los productos alimenticios” (Leon.M,2012).

La implementación de un simulador es de gran importancia en la industria de alimentos ya que permite realizar la corrida del proceso de fermentación en busca de obtener el porcentaje de ácido láctico de la bebida en menor tiempo y a bajos costos. Las herramientas de simulación de procesos nos ayudan mejorar las variables que se presentan en la fermentación como el crecimiento microbiano generando tablas de muestra el crecimiento de celular, consumo de sustrato, concentraciones del inóculo y producción de ácido láctico que es la variable que se va a estudiar en el presente trabajo.

Esta investigación se justifica en la implementación de un herramienta o software con el objeto de optimizar el proceso de fermentación de una bebida probiótica de lactosuero inoculada con bacterias ácido lácticas con el fin de verificar la producción de ácido láctico y generar así mayor confiabilidad y menor costo en el proceso de producción de la bebida.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Ajustar un proceso de fermentación para la elaboración de una bebida probiótica inoculada con bacterias ácido-lácticas del residuo generado en la industria de quesos denominado lactosuero en el departamento de Cundinamarca.

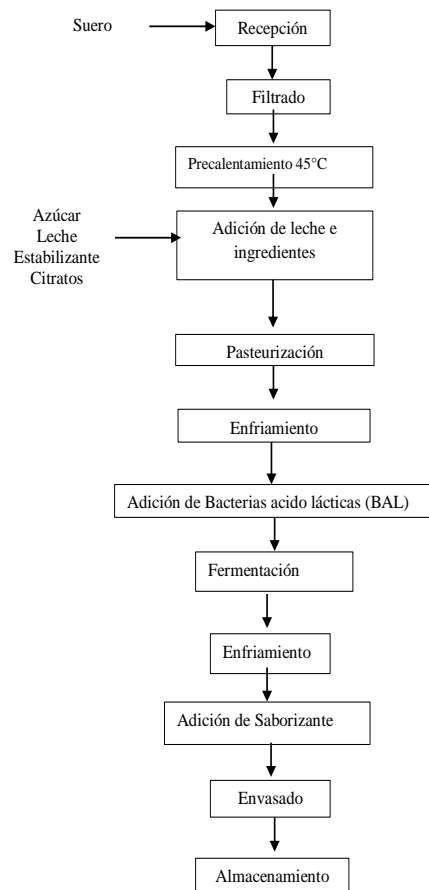
3.2 Objetivos Específicos

- Proponer la simulación del proceso de fermentación en la elaboración de una bebida probiótica con lactosuero inoculada con bacterias ácido-lácticas.
- Establecer las variables más relevantes en el proceso de fermentación.
- Investigar un software para optimizar el proceso de fermentación.

4. DIAGRAMA DE FLUJO DE TODAS LAS OPERACIONES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO

En la **Figura 1**, se observa el diagrama de flujo proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lactosuero con bacterias ácido lácticas donde evidencian las principales operaciones unitarias en el proceso.

Figura 1. Diagrama de flujo proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lactosuero con bacterias ácido lácticas.



Nota: Adaptado de *Formulación de una Bebida Probiótica Fermentada a Base De Lactosuero* (p.207), por Morelo *et al.*, 2016, *Revista Científica* 27(4)

En la **Tabla 1**, se contemplan las operaciones unitarias involucradas proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lactosuero con bacterias ácido lácticas.

Tabla 1. Operaciones unitarias en la producción de una bebida probiótica fermentada de lacto suero

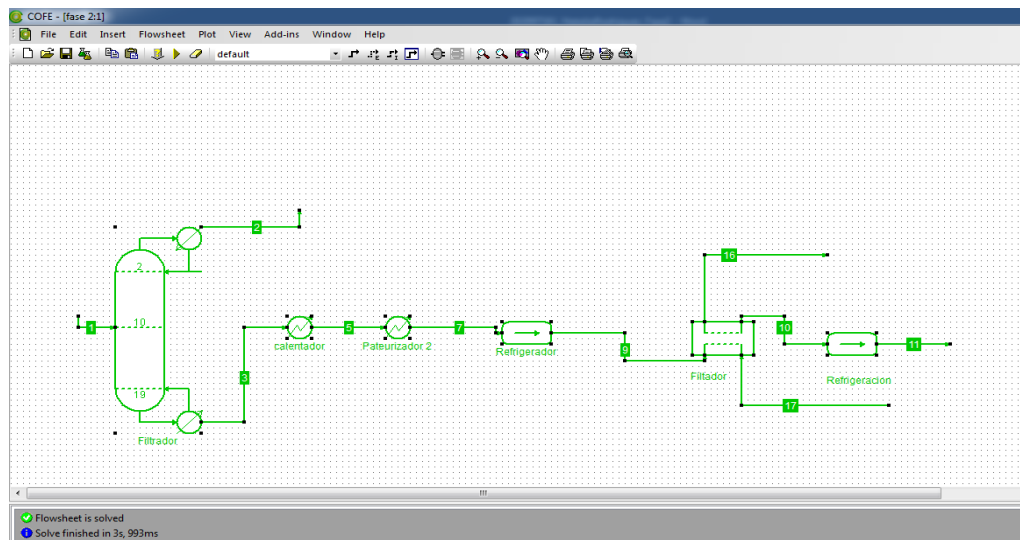
Operación unitaria	Principales características
Filtración	Permite eliminar partículas indeseables que pueden generarse en el proceso de producción del queso y estar en el lactosuero
Pasteurización	Permite conseguir estabilidad microbiológica del producto.
Enfriamiento	Se realiza para prolongar la vida útil del producto, evitando el crecimiento de microorganismos patógenos posterior a la pasteurización
Fermentación	Mejorar las características nutricionales y sensorial de la bebida probiótica de lactosuero

Nota: Elaboración propia

5. SIMULACION DEL PROCESO DE PRODUCCION

Una vez realizado el diagrama de flujo y desarrollar cada una de las operaciones unitarias se pasan los datos de acuerdo con cada operación y sus respectivas entradas y salidas en el simulador software COCO, como se observa en la **figura 2**

Figura 2 . Diagrama de flujo proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lacto suero con bacterias ácido lácticas en simulador COCO.



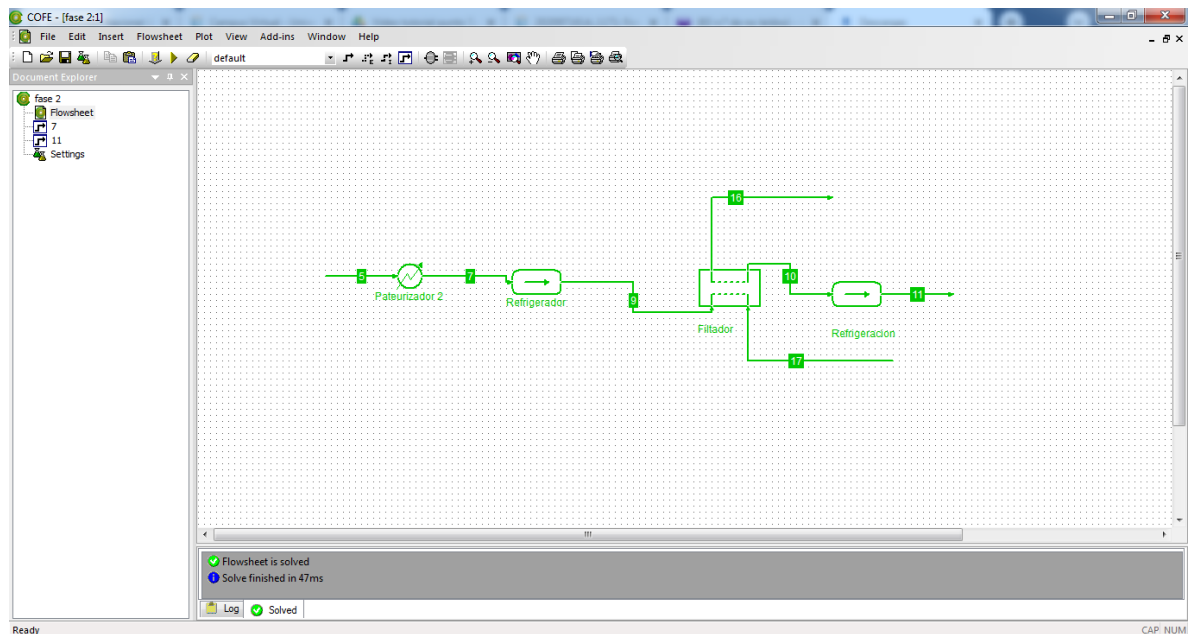
Nota: Elaboración propia

Para realizar el proceso de elaboración de una bebida probiótica fermentada de lacto suero con bacterias ácido lácticas en simulador COCO, Es necesario utilizar los siguientes equipos y operaciones unitarias; se realiza primero la filtración mediante filtros que eliminan las partículas que puedan quedar del proceso de elaboración del queso, luego el producto es calentado a 45°C para adicionar posteriormente leche e ingredientes necesarios para la elaborar la bebida, a continuación se realiza la pasteurización del producto en un pasteurizador a 85°C durante 15 segundos, la mezcla se enfría en refrigerador hasta llegar a los 4°C, después se realiza el proceso de fermentación con bacterias ácido lácticas (BAL) y finalmente el producto se enfría, se envasa y almacena.

6. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL PROCESO

A continuación, en la **Figura 3** se presentan las operaciones unitarias más influyentes en el proceso como son pasteurización y fermentación en el simulador COCO, la pasteurización se realizó después de realizar la filtración del lactosuero y la fermentación es el proceso en el cual se va a optimizar para verificar la producción de ácido láctico.

Figura 3. Simulación de Pasteurización y Fermentación del proceso de producción de una bebida probiótica fermentada de lacto suero con bacterias ácido lácticas en simulador COCO.



Nota: Elaboración propia

En la pasteurización este proceso, se realiza en un pasteurizador a una temperatura de 85°C durante 15 a 20 segundos y luego se enfría a 6°C, la cual permite conseguir estabilidad microbiológica del producto en un corto tiempo, inactivar las enzimas coagulantes y disminuir la concentración de bacterias ácido-lácticas presentes

impidiendo que estas sean competencia con las bacterias inoculadas para la fermentación (Mórelo *et al.*, 2017).

Para el proceso de fermentación la inoculación se realizó a 42°C con las cepas probióticas como el *Lactobacillus acidophilus*, el *Lactobacillus casei*, el *Bifidum bacterium bifidum*, y el *Lactobacillus bulgaricus*; la fermentación se termina cuando se bebida alcanza la acidez de 0,60 % de ácido láctico (Benavides, M., 2019).

7. OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE PRODUCCIÓN

La herramienta que se utilizó para optimizar el proceso fue la simulación de procesos en una bebida de lactosuero fermentada con bacterias ácido-lácticas, esta herramienta permite distinguir cómo evoluciona el proceso de fermentación de la bebida en diferentes condiciones a lo largo del tiempo.

Permite estudiar el efecto de las distintas variables que pueda participar en el proceso, o para comparar alternativas de diseño.

Facilita simular el comportamiento del proceso de fermentación en diferentes situaciones, estudiando los posibles cambios y sus consecuencias.

7.1 Descripción del proceso – variables a optimizar

La fermentación se realizó en un sistema Batch, se llevó a cabo en un biorreactor; con el fin de evaluar la formación de ácido láctico.

Se realizó el proceso de simulación de la variable más importante en la cual es producción de ácido láctico.

7.2 Condiciones iniciales del proceso de Fermentación (Rangos aproximados) según (Cury *et al.*,2007)

Numero de repeticiones por cada batch: 3

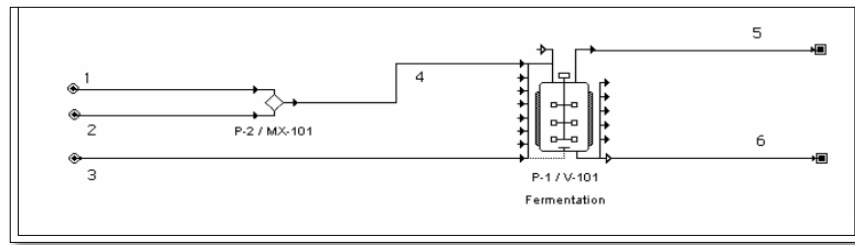
Temperatura controlada: 37°C

Velocidad controlada:120rpm, Tiempo: 48 horas.

7.3 Diagrama de flujo de la fermentación

En la **figura 4** se observa la simulación del proceso de fermentación en el software Superpro Designer con modelo cinético de Monod con una velocidad específica de crecimiento y una constante de saturación (K_s) con el fin evaluar la producción de ácido láctico.

Figura 4. Simulación del bioproceso en demostración del proceso de fermentación



Nota. Adaptado de *Diagrama de flujo de la fermentación* [figura], por Diego Suarez, 2007, tomado de: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/394/DiegoAndresSuarezZuluaga2007.Pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

El proceso que se muestra en la **figura 4**, “Las corrientes de entrada al biorreactor corresponden a: la corriente 1 pertenece al medio nuevo y la corriente 2 al inóculo, estas dos son mezcladas en el mezclador como se observa para un obtener una mezcla propuesta correspondiente a la corriente 4, posteriormente ingresa al fermentador. La corriente 3 es el nitrógeno gaseoso utilizado para purgar el reactor (Suarez, D.,2007).

Las corrientes de salida en el biorreactor corresponden a la corriente 5 es el venteo del nitrógeno y del dióxido de carbono generado por la fermentación. La corriente 6 es la de salida en este caso producción de ácido láctico (Suarez, D.,2007)

7.4 Tabla de corrientes y parámetros evaluados producción de ácido láctico:

A continuación, en la **tabla 2** se presentan los valores de los parámetros y las corrientes utilizadas en el proceso de fermentación, debido a que el programa tiene muchas limitaciones se simuló la variable más importante durante el proceso que fue la producción de ácido láctico.

Tabla 2. Corrientes y Parámetros utilizados en la Simulación del bioproceso del proceso de fermentación.

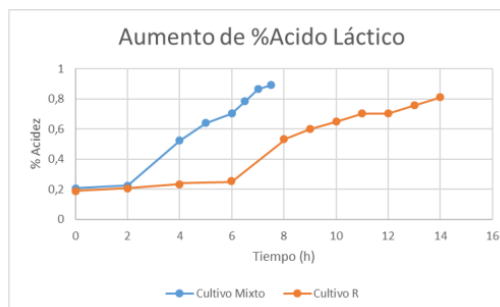
CORRIENTE PARÁMETRO	1	2	3	4	5	6
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	37	37
PRESIÓN (ATM)	1	1	1	1	1	1
FLUJO MÁSSICO (kg/Batch)	1.88	0.251	3.6	2.1	3.6	2.131
AGUA (kg)	1.7	0.18	0	1.88	0	1.88
GLUCOSA (kg)	0.18	0.01		0.19	0	0
ÁCIDO LÁCTICO (kg)	0	0.06	0	0.06	0	0.25
BIOMASA (kg)	0	0.0007	0	0.007	0	0.007
NITRÓGENO (kg)	0	0	3.6	0	3.6	0

Nota. Adaptado de *Diagrama de flujo de la fermentación* [figura], por Diego Suarez, 2007, tomado de: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/394/DiegoAndresSuarezZuluaga2007.Pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

7.5 Seguimiento del contenido de % Ácido láctico

En la **figura 5** se observa una “relación directamente proporcional entre el tiempo de reacción fermentativo y la acidificación de la bebida láctea fermentada”, mostrando de esta forma que, a “medida que pasa el tiempo de incubación de cada uno de los cultivos utilizados para el medio se logra alcanzar un mayor porcentaje de acidez expresado como %. A. L (porcentaje de ácido láctico) en la bebida láctea” (Garzón & Gomez.,2022).

Figura 5. Producción de ácido láctico en la fermentación de una bebida de lactosuero.



Nota. Adaptado de *Aumento del % de Ácido láctico a través del proceso fermentativo* [figura], por Juana Garzon & Jessica Gómez, 2022, tomado de: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1743&context=ing_alimentos.

7.6 Conclusiones del proceso fermentativo para la producción de Ácido Láctico en la bebida:

“El proceso de fermentación batch generó una gran suma de ácido láctico”, y un buen rendimiento de sustrato en producto. (Suarez, D.,2007).

La obtención de ácido láctico bajo las condiciones estimadas es un proceso parcialmente relacionado al crecimiento, debido a que, aunque la mayor parte de él fue “producida durante la fase exponencial, un menor porcentaje se originó en la fase estacionaria y de muerte celular” (Suarez, D.,2007)

8. NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS

En la **figura 6** se presenta una infografía de la normativa nacional y mundial para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos, en esta se presenta el documento conpes 3697 del 2011 y resolución 2162 de 2017 y la normatividad para bebidas fermentadas CXS 243-2003 y norma técnica Colombiana NTC 805- 2005 y resolución 5109 de 2005.

Figura 6. Normatividad nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.



Nota: Elaboración propia

9. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

Los grandes problemas ambientales en el sector lácteo han sido la generación de residuos líquidos, como el lactosuero; debido a que en la industria no se realiza un buen manejo de este residuo que usualmente es dispuesto en vertederos, la contaminación ambiental generada en por la disposición del lactosuero consecuencia de la industria en la producción de queso motiva a la búsqueda de innovaciones tecnológicas efectivas que reconozcan el aprovechamiento de este subproducto (Marulanda *et al.*, 2016).

En la industria las empresas se enfrentan a adversidades que les obstaculizan lograr sus objetivos, una parte de estos problemas están unidos con la calidad de los productos o servicios ofrecidos por la empresa (Villalpando, M., 2009). Por esta razón la optimización ayuda a la “experimentación y validación del producto o proceso tanto en su configuración como en el diseño del sistema”, lo cual hace incuestionable su valor. (Cantú, J.,2016).

Los softwares de simulación de procesos permiten identificar las condiciones óptimas de los procesos y operaciones unitarias como una alternativa viable para establecer algunas alternativas de mejora continua ayudando a la disminución de residuos en la industria agroalimentaria.

El lacto suero puede ser utilizado en productos de alto valor nutricional y funcional, debido a que contiene cerca del 50% de solidos totales de la leche,25% de proteína, 7% de grasa y cerca del 95% en lactosa (Correa, M.,2015),existen una serie de productos elaborados a partir del lactosuero como: la producción de etanol, en piensos para el consumo animal, como medio de cultivo para la producción de ácido láctico por vía biotecnológica, como sustrato en la producción de bebidas fermentadas (Guerra, A.,2013).

El creciente interés por los probióticos debido al papel que pueden desempeñar en el mantenimiento de la salud y prevención de enfermedades, los cuales pueden ser

utilizados en la fermentación del lactosuero (Arazo, M.,2013), las Bacterias Acido Lácticas (BAL) son empleadas como cultivos iniciadores promoviendo la rápida acidificación del medio inoculado, así mismo tienen la capacidad de adaptarse a diferentes medios, principalmente en la fermentación de productos lácteos (Yanez, H.,2021). Los resultados logrados en la simulación permitieron ejecutar el estudio de los equipos necesarios para la producción de ácido láctico, La acidificación del lactosuero en los diferentes tratamientos

10. CONCLUSIONES

Se ajustó un proceso de fermentación para la elaboración de una bebida probiótica inoculada con bacterias ácido-lácticas del residuo generado en la industria de quesos denominado lactosuero en el departamento de Cundinamarca obteniendo como resultado, la acidificación del lactosuero en los diferentes tratamientos se logró con la inoculación de *L. casei* a 37°C, 48h y 120rpm.

Analizando los reportes arrojados por el software COCO, es posible observar que es una buena opción la elaboración de bebidas probióticas fermentadas con lactosuero, ya que permite conocer cómo se comportan en los diferentes equipos las variables más representativas del proceso.

Los softwares de simulación de procesos permiten identificar las condiciones óptimas de los procesos y operaciones unitarias como una alternativa viable para establecer algunas opciones de mejora continua ayudando a la disminución de residuos en la industria agroalimentaria.

La optimización de procesos y en especial la simulación de procesos es una herramienta que permite tomar decisiones sobre el proceso y cambios que se pueden emplear en las variables directamente relacionadas con las operaciones unitarias en la industria para así poder tomar decisiones mejorando la eficiencia, y la calidad de los productos.

Las políticas públicas nacionales para aprovechamiento de residuos agroalimentarios permiten conocer cómo está Colombia en materia de modernización de sistema productivo del país permitiendo la disminución de residuos toda en la cadena de alimentos.

11. BIBLIOGRAFIA

BENAVIDES, Martín María Angélica. Aplicación de la fermentación láctica como estrategia de transformación y valoración de matrices vegetales [en línea]. DoctoralThesis. [s.l.]: Universitat Politècnica de Catalunya, 2019 [consultado el 22, octubre, 2022]. 274 p. Disponible en TDX (Tesis Doctorals en Xarxa): <<http://hdl.handle.net/10803/669678>>.

CANTÚ-GONZÁLEZ, José Roberto; GUARDADO GARCÍA, María del Carmen y BALDERAS HERRERA, José Luis. Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. En: Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa. 2016. no. 4, p. 21. ISSN 2007 -8412.

CURY REGINO, Katia, et al. Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteinizado) utilizando *Lactobacillus casei*. En: Revista Colombiana de Biotecnología [en línea]. 1, junio, 2014. vol. 16, no. 1 [consultado el 22, octubre, 2022], p. 137. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.44281>>. ISSN 1909-8758.

EVALUACIÓN DE la influencia de un proceso en paralelo de fermentación y tr ermentación y trasgalact asgalactosilación de lact osilación de lactosuero en una bebida o en una bebida láctea fermentada simbiótica [Anónimo]. Resumen extendido de. [s.l.]: [s.n.].

GARZÓN CHISCO, Juana Valentina y GOMEZ BLANCO, Jessica. Evaluación de la influencia de un proceso en paralelo de fermentación y trasgalactosilación de lactosuero en una bebida láctea fermentada simbiótica. Bogotá: [s.n.], 2022. 79 p. Trabajo de grado presentado para optar al título de: Ingeniera de Alimentos.

GÓMEZ SOTO, James Andrés y SÁNCHEZ TORO, Óscar Julián. Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión. En: Ingeniería y Desarrollo [en línea]. 14, febrero, 2019. vol. 37, no. 1

[consultado el 22, octubre, 2022], p. 129-158. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.14482/inde.37.1.637>>. ISSN 2145-9371.

LADINO CARRILLO, Gabriel Andrés. Evaluación técnico-económica preliminar de la producción industrial de una bebida láctea simbiótica fermentada a partir de suero lácteo. Trabajo de grado presentado para optar al título de: Ingeniero de Alimentos. Bogotá: Universidad De La Salle, 2021. 139 p.

MOLERO-MÉNDEZ, Mónica; CASTRO-ALBORNOZ, Gustavo y BRIÑEZ-ZAMBRANO, Wilfido. Formulación de una bebida probiótica fermentada a base de lactosuero. En: Revista Científica. 2017. vol. 4, no. 27, p. 205-210.

MOTTA-CORREA, Yeisson y M, Welner Jair Mosquera. Avances en el aprovechamiento del lactosuero como materia prima en la industria alimentaria. En: @Limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria [en línea]. 30, mayo, 2015. vol. 13, no. 1 [consultado el 22, octubre, 2022]. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2015.1634>>. ISSN 1692-7125.

MOYANO-HERNÁNDEZ, Faber Andres y VILLAMIL SANDOVAL, Diana Carolina. Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental. En: Revista Politécnica [en línea]. 9, noviembre, 2021. vol. 17, no. 34 [consultado el 22, octubre, 2022], p. 55-69. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a4>>. ISSN 2256-5353.

ORTIZ ÁVILA, Wscary Fabián, et al. Aprovechamiento del lactosuero residual de empresas productoras de queso en la región norte de Colima y sur de Jalisco para la elaboración de una bebida fermentada de bajo grado alcohólico. En: Ra Ximhai [en línea]. 31, diciembre, 2018. p. 37-48. [Consultado el 22, octubre, 2022]. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.35197/rx.14.03.2018.03.wo>>. ISSN 1665-0441.

PARRA HUERTAS, Ricardo Adolfo. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2009. vol. 62, no. 1, p. 4967-4982. ISSN 0304-2847.

PRODUCCIÓN | fedegán [Anónimo]. Fedegán | Federación Colombiana de Ganaderos [página web]. [Consultado el 22, octubre, 2022]. Disponible en Internet: <<https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>>.

REPOSITORIO DE la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE: Evaluación de lactosuero como medio de cultivo para la producción de biomasa de bacterias ácido lácticas (BAL) nativas de leche bovina cruda proveniente de haciendas ganaderas de Paschoa, Pichincha- Ecuador [Anónimo]. Repositorio de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE: Página de inicio [página web]. [Consultado el 22, octubre, 2022]. Disponible en Internet: <<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/28996>>.

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Dainelis, et al. Bebida fermentada de suero con la adición de salvado de trigo y pulpa de guayaba (psidium guava L.). En: Tecnología Química. 2020. vol. 40, no. 2, p. 428-441. ISSN ISSN: 2224-6185.

SICLA [Anónimo]. Página Principal Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [página web]. [Consultado el 22, octubre, 2022]. Disponible en Internet: <<https://www.minagricultura.gov.co/CadenaLactea/Paginas>>.

SUÁREZ ZULUAGA, DIEGO ANDRÉS. . Evaluación y Simulación de la producción de ácido láctico con Lactobacillus casei ATCC 7469. Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero de Procesos. Medellín: UNIVERSIDAD EAFIT, 2007. 117 p.