

**APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO AGROALIMENTARIO DE LA INDUSTRIA
QUESERA (LACTO SUERO) PARA LA PRODUCCIÓN DE LACTO DE CALCIO
POR VÍA FERMENTATIVA.**

MARCEL LEANDRO GÓMEZ ACOSTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
BOGOTÁ D.C.
2022**

**APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO AGROALIMENTARIO DE LA INDUSTRIA
QUESERA (LACTO SUERO) PARA LA PRODUCCIÓN DE LACTO DE CALCIO
POR VÍA FERMENTATIVA.**

.

MARCEL LEANDRO GÓMEZ ACOSTA

**Informe de seminario especializado para optar por el título de especialista en
procesos de alimentos y biomateriales**

Asesor Temático

ANDREA VÁSQUEZ GARCÍA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
BOGOTÁ D.C.**

2022

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

BOGOTA D.C. 11 de octubre de 2022

CONTENIDO

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS.....	8
• OBJETIVO GENERAL	8
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1. Etapas operativas y de producción	11
1.1 Diagramas para la producción de lactato de calcio a partir de lactosuero por vía fermentativa.....	13
2. Simulación del proceso.....	15
3. evaluación de las variables que afectan el proceso y su optimización	18
3.1. Estudio de la variable	18
3.2. Optimización de la variable	18
4. Política de aprovechamiento de residuos agroindustriales	22
conclusiones	23
bibliografía.....	24

RESUMEN

En la industria alimentaria se generan gran cantidad de residuos con el potencial de aprovechamiento y que, según su composición se puede transformar en diversos productos, esto ha despertado gran atención al desarrollo de nuevas metodologías enfocadas a la transformación de estos residuos agroalimentarios en productos de interés para diversas industrias, por lo que el presente documento realiza un abordaje metodológico sobre el aprovechamiento del lactosuero, el cual es un residuo proveniente de la elaboración del queso y dada las implicaciones ambientales que tiene este tipo de residuos sobre los cuerpos de agua, por su mal disposición, se desarrolló una alternativa de aprovechamiento, la cual consta de un bioproceso industrial para la obtención de lactato de calcio a partir del lactosuero por vía fermentativa, abordando las etapas operativas de pretratamiento, fermentación y purificación, las cuales son organizadas en diagramas de flujo y procesos, donde se llevó a cabo un proceso de simulación en las etapas de fermentación y purificación con el software SuperPro Designer; también se optimizó el proceso fermentativo con el estudio del pH a través de un diseño central compuesto, demostrando que se obtuvo un rendimiento del 4% en la producción de lactato de calcio, donde, para la optimización en la etapa fermentativa se demostró que el pH en rangos neutros cercanos a 7, se exhiben los mayores rendimientos en la producción de biomasa, lo que implica en una mayor producción del metabolito de interés, con este estudio se demostró que el aprovechamiento del residuo agroindustrial lactosuero tiene gran potencial y que se puede llevar a cabo el bioproceso en vida real con base a los resultados obtenidos, lo que demuestra la viabilidad para la implementación de esta metodología.

INTRODUCCIÓN

La leche es un producto alimenticio con un gran valor nutricional, dada su versatilidad de uso, se puede emplear como materia prima en el procesamiento y obtención de gran cantidad de productos alimenticios, como también se puede emplear para la obtención de derivados lácteos, como es el caso del queso, yogurt entre otros, esto ha permitido generar un mayor aprovechamiento de este alimento, brindando las oportunidades de llegar a mercados más amplios y la obtención de mayores beneficios económicos; en la elaboración de algunos de estos subproductos se pueden generar gran cantidad de residuos agroalimentarios, tal es el caso como lo apunta la industria quesera, en sus procesos de elaboración del queso, se recurre a grandes cantidades de leche, donde se estima que el rendimiento para la elaboración del queso es de 9,1 kg de por cada 100 kg de leche (Dalla, 2015), esto que representa entre un 80 y 90% la generación de un residuos agroalimentarios, por lo que su mayor desperdicio es el lactosuero, y es que su implicación nace a que tiene una composición cercana al 50% de los nutrientes presentes en la leche (Caro *et al.*, 2020) y que si no se dispone de forma adecuada pues implicar una contaminación ambiental. Por lo que, según García *et al* (2017) algunos de los nutrientes del lactosuero pueden generar alternativas de aprovechamiento como sustrato para favorecer procesos biotecnológicos en la línea de fermentación encaminadas a la transformación de sustratos a productos de mayor interés, donde, las bacterias ácidas lácticas comprenden un rol importante en la transformación de estos compuestos, ya que tiene gran versatilidad y adaptación a estos tipos de sustratos provenientes de la leche, y lograr así una transformación en productos de interés para las industrias.

Algunas proposiciones dadas por Asas, *et al* (2021) enfocadas a la transformación del lactosuero para el desarrollo y obtención de diversos productos alimenticios como: ácido láctico, fórmulas lácteas, bebidas funcionales, biomasa microbiana, cultivos iniciadores, mantequilla de suero, cultivo kéfir, bebidas fermentadas/

carbonatadas, requesón, confitería, entre otros; donde las proporciones corresponden a una categorización a 45% formulaciones en base líquida, 30% en deshidratados, 15% en subproductos y biocompuestos de interés en forma de concentrados como la vitamina C, de estos claros ejemplos, el lactosuero puede ser empleado para la producción de lactato de calcio como fuente de un conservante natural.

OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una metodología sobre el aprovechamiento de residuo agroalimentario (lactosuero) proveniente de la industria quesera, para la producción del lacto de calcio por vía fermentativa con uso de herramientas de simulación, diseño y optimización.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar aquellas etapas operativas y de producción más importantes del bioproceso para el aprovechamiento del lactosuero.
- Identificar las variables que operan en el bioproceso en cada una de sus etapas productivas.
- Simular el bioproceso fermentativo y de filtración del lactato de calcio empleando la herramienta SuperPro Designer.
- Optimizar la variable de pH en rangos de 7 a 8, en la etapa fermentativa del bioproceso.
- Interpretar las políticas actuales de aprovechamiento de los residuos agroalimentarios.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la producción de alimentos se emplean muchas operaciones unitarias que pueden generar residuos, desechos o subproductos, como es el caso en la elaboración del queso, en ello se emplea la leche como materia prima que a través de unos procesos bioquímicos se produce el queso, en este tipo producción se genera el lactosuero como subproducto, este puede representar entre el 80 y 90% de la composición de la leche (Parra H, 2009; Caro *et al.*, 2020). La industria quesera es uno de los mayores contaminantes de fuentes hídricas, debido a que el lactosuero se desecha sin un debido tratamiento y que aporta hasta 68 kg de demandad química de oxígeno y 35 kg de demanda bioquímica de oxígeno por cada 1000L de lactosuero, lo que representa un serio problema para los sistemas acuíferos (Rojas, Montaña & Bastidas, 2015), dado el contenido significativo de lactasa que contiene y a la gran cantidad del subproducto que se genera, tiene un gran potencial de aprovechamiento, dado que en Colombia para el año 2021 se produjeron 7.821 millones de litros de leche, (Fedegan, 2021) del cual entre el 20 y 38% se destina para la producción de queso (Minagricultura, 2020), esto representa un total 1,5 millones de litros de lactosuero y que su segundo compuesto es la lactosa que está presente en una concentración del 4 al 4,5 % p/v, que representa el 95% de lactasas presente en la leche (Poveda, 2013), en aras de su aprovechamiento, se puede emplear procesos biotecnológicos para producir lactato de calcio, para lo cual, la finalidad de este documento es detallar el potencial de aprovechamiento de este residuo agroindustrial, para ello se prone un procesos donde el lactosuero es esterilizado por medio de la pasteurización a 85°C, en este proceso genera una precipitación de proteínas las cuales pueden ser eliminadas por filtración y pasa a una etapa fermentativa con la bacteria láctica *Lactobacillius casei*; que es un bacteria homofermentativa y selectiva para la lactosa que se desarrolla a una temperatura de 37°C (Caro *et al.*, 2020), la cual genera ácido láctico como producto de sus procesos metabólicos; para garantizar la viabilidad el inculo, es necesario mantener un pH neutro, por lo cual, se emplea un proceso de

neutralización con Ca(OH)_2 para obtener el lacto de calcio, el cual se presenta en forma disuelto, dado que existe un crecimiento microbiano, este representa una materia orgánica que no es de interés y que se elimina con filtro rotativos, para usar una posterior etapa de filtración para obtener lactato de calcio solido (Rojas, Montaña & Bastidas, 2015).

El lactato de calcio es utilizado principalmente como conservante, aunque tiene múltiples usos que permiten una diversificación en formulaciones de productos alimenticios como la panificación y repostería, también es empleado en la industria de cosméticos como acidulante (Poveda, 2013), en la industria química como regulador de pH o estabilizante, dado al aumento creciente de usar productos naturales, el lactato de calcio puede cubrir esta necesidad como también emplearse en la producción de ácido láctico y poliláctico (Rojas, Montaña & Bastidas, 2015).

1. ETAPAS OPERATIVAS Y DE PRODUCCIÓN

En la producción de lactato de calcio se emplean dos grandes etapas, una inicial que comprende procesos de pretratamiento que esteriliza la materia prima y eliminación de proteínas, en la segunda etapa se comprende los procesos fermentativos y de purificación, para ello cada una de estas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1 Operaciones unitarias en las etapas de pretratamiento, fermentación y obtención

Etapa de Pretratamiento		
Tipo	Variables	Análisis
Pasteurización	85°C (Independiente)	Lograr la esterilidad del producto
Eliminación de proteínas	115.85 (gL-1) (Dependiente)	Proteína húmeda como subproducto.
Agua de enfriamiento	Temperatura 15°C Flujo 1374 kg/h (Independiente)	Fluido empleado como método de enfriamiento al proceso Pretratamiento
Inoculación	<i>Lactobacillus casei</i> (Dependiente)	Se emplea 30% del lactosuero para el inoculo.
Etapa de Fermentación y Obtención del Producto		
Tipo	Variables	Análisis
Fermentación	37°C, atmosfera de N ₂ , ingreso de nutrientes, crecimiento del inoculo	Llevar a cabo la fermentación para la conversión de la lactasa en ácido láctico.
Neutralización	25% m/v cantidad 185 kg Ca(OH) ₂ ; densidad 2240 kg m-3 (Dependiente)	Mantener el pH constante con la neutralización de los

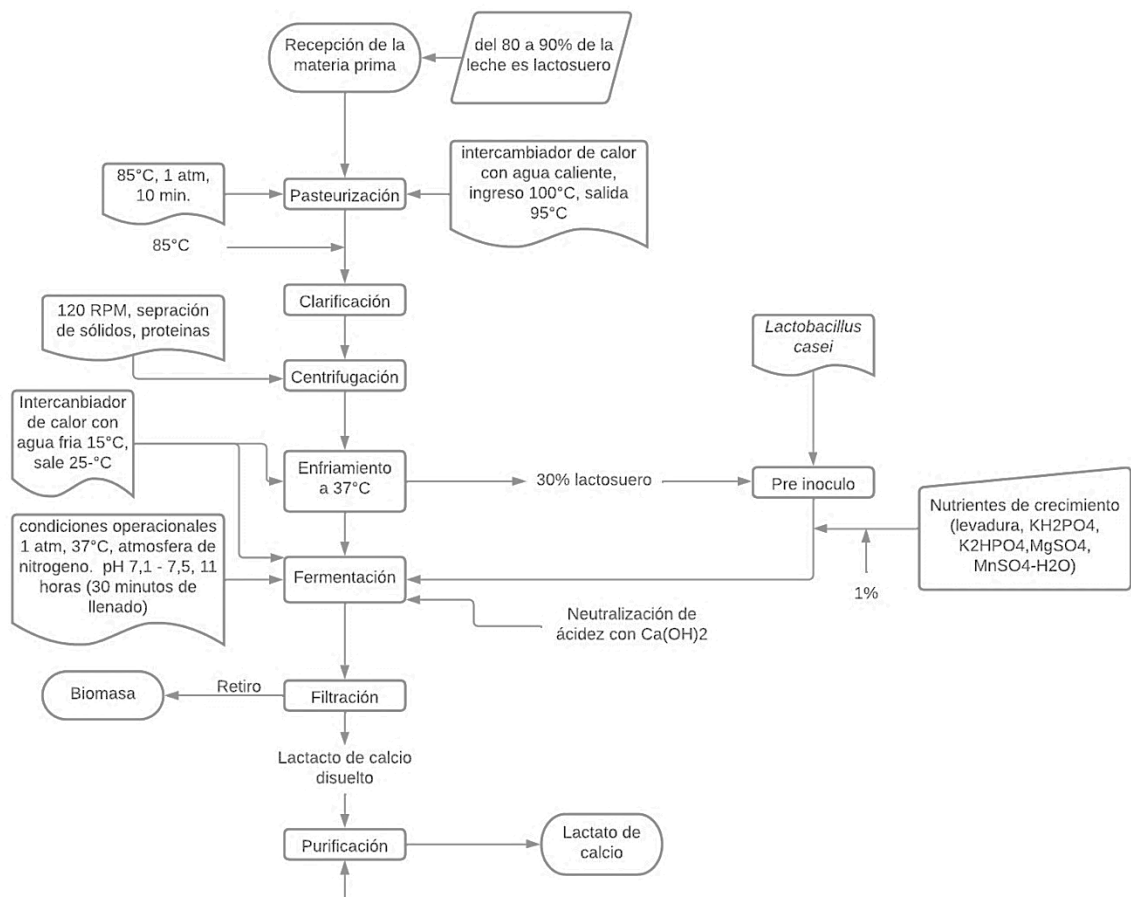
		protones ácidos del ácido láctico, facilitando el proceso.
Salida del fermentó	Caudal (0.19Kg/h) entrada 15.19 kg/h salida 63.36 Kg/h (Dependiente)	Producto obtenido de operaciones bioquímicas.
Filtración Biomasa	Concentración 7 kg/m3 (104.40kg) (Independiente)	Impureza del producto deseado
Purificación	545 kg (Dependiente)	Lactato de calcio Producto obtenido de operaciones físicas.

Nota. Adaptado de *Diagrama del proceso global* (p.23), por Asla, Márquez & Solís, 2020, Universidad de Oviedo; Rojas, A. M., *Comparación general de producción de ácido láctico* (p.9), por Rojas, Montañó & Bastidas (2015).

1.1 DIAGRAMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LACTATO DE CALCIO A PARTIR DE LACTOSUERO POR VÍA FERMENTATIVA.

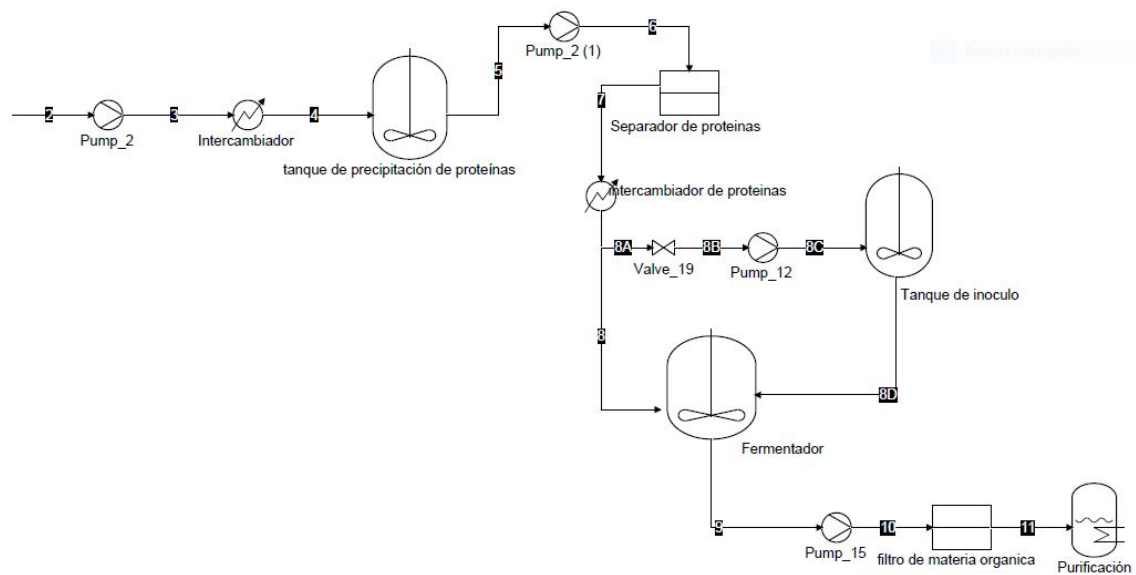
Las etapas anteriormente abordadas siguen un proceso continuo los cuales se describen por un diagrama de flujo Figura 1 y para su desarrollo con un diagrama de procesos Figura 3.

Figura 1 Diagrama de flujo para la producción de lactato de calcio a partir de lactosuero por vía fermentativa



Nota. El diagrama de flujo, describe las diferentes etapas y operaciones unitarias para la producción de lactato de calcio por vía fermentativa con *Lactobacillus casei*. Adaptado de *Diagrama de bloques del proceso global* (p.18), por Asla, Márquez & Solís, 2020, Universidad de Oviedo.

Figura 2 Diagrama de procesos en la producción de lactato de calcio

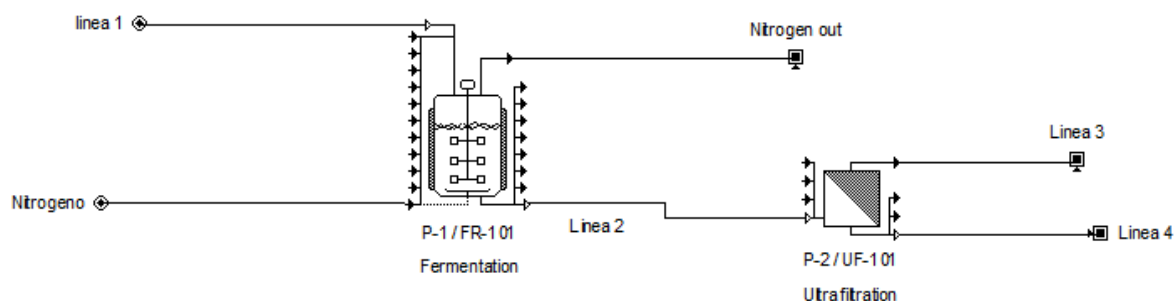


Nota. Elaboración propia a través del software COCO simulador®.

2. SIMULACIÓN DEL PROCESO

Se empleó SuperPro Designer en la simulación del proceso según la Figura 3, para ello, se alisto las operaciones unitarias de fermentación y ultrafiltración de biomasa. Donde las condiciones operacionales fueron con un fermentador por Bach a 37°C, 1 atm de presión, con agitación constante a 35 rpm, para un tiempo de llenado a 2 h y tiempo de fermentación por 11 h.

Figura 3 Simulación del proceso en SuperPro Designer



Nota. Elaboración propia.

La línea 1 (s-101) comprende el ingreso de nutrientes, lactosuero, Ca(OH)_2 e inóculo, las líneas de nitrógeno son la purga del sistema, esto se debe a que el desarrollo de la fermentación con *Lactobacillus casei* necesitó de un ambiente anaeróbico, por lo que fue necesario una atmosfera de nitrógeno que limita la disponibilidad de oxígeno, la línea 2 comprendió la salida del fermentador, donde se encuentra el lactato de calcio, biomasa y agua, la Línea 3 fue la salida de lacto de calcio y agua, en línea 4 se realizó la eliminación de la biomasa por medio de ultrafiltración.

La simulación se ejecutó con una base de cálculo de 1,470 kg de lactosuero, dada las condiciones operacionales del simulador, se descompuso los componentes del

lactosuero en agua y lactasa (50,62kg), y tal como se describe en la Figura 4, fueron producidos en la fermentación un total de 63,36 kg de lactato de calcio, luego de que pasase a una etapa de ultrafiltración para la eliminación de biomasa, donde hubo una merma del 1,5% del lactato de calcio.

Figura 4 Resultados de simulación

3. STREAM DETAILS

Stream Name	S-101	S-103	S-104	S-102
Source	INPUT	INPUT	P-1	P-1
Destination	P-1	P-1	OUTPUT	P-2
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	37.00	25.00	37.00	37.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,001.65	1.15	1.10	990.69
Total Enthalpy (kW-h)	61.76	4.49	6.66	62.43
Specific Enthalpy (kcal/kg)	35.28	6.23	9.21	35.67
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.95	0.25	0.25	0.96
Component Flowrates (kg/batch)				
Biomass	0.00	0.00	0.00	9.55
Ca Hydroxide	18.51	0.00	0.00	0.00
H2O OUT	0.00	0.00	0.00	1,433.25
lactato de cal	0.00	0.00	0.00	63.36
lactosa	50.62	0.00	0.00	0.00
Nitrogen	0.00	620.17	621.47	0.00
Oxygen	0.00	0.00	0.52	0.00
Water	1,419.29	0.00	0.00	0.00
Yeast	17.74	0.00	0.00	0.00
TOTAL (kg/batch)	1,506.16	620.17	621.99	1,506.16
TOTAL (L/batch)	1,503.68	541,628.66	565,023.46	1,520.32

Stream Name	S-105	S-106
Source	P-2	P-2
Destination	OUTPUT	OUTPUT
Stream Properties		
Activity (U/ml)	0.00	0.00
Temperature (°C)	37.89	37.89
Pressure (bar)	1.01	1.01
Density (g/L)	990.01	1,007.95
Total Enthalpy (kW-h)	62.61	1.32
Specific Enthalpy (kcal/kg)	36.51	36.93
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.96	0.97
Component Flowrates (kg/batch)		
Biomass	0.00	9.55
H2O OUT	1,413.04	20.21
lactato de cal	62.47	0.89
TOTAL (kg/batch)	1,475.50	30.66
TOTAL (L/batch)	1,490.40	30.41

Nota. Elaboración propia.

El contenido de lactosa en el suero es del 3,5% del cual, todo se transforma en lactato de calcio por los procesos fermentativos, donde se obtuvo un rendimiento

>97% a la salida de la etapa de ultrafiltración, lo cual es concordante con lo reportado por Asla, Márquez & Solís, (2020) con una producción de lactato de calcio de 63,36 kg/h. Muchas de las investigaciones existentes se basan en la producción de ácido láctico, lo cual corresponde a una etapa posterior de refinación del lactato de calcio con el uso de ácido sulfúrico, como los reportados por Rojas, Bastidas y Montaña (2015) quienes obtuvieron 37,36 g/L de ácido láctico con una pureza del 78%, donde los rendimientos en la producción de ácido láctico son de aproximadamente 4.5% (Poveda, 2013) y están delimitados por el contenido de lactosa en el lactosuero, por lo que procesos de refinación adecuados son tan importante.

3. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO Y SU OPTIMIZACIÓN

3.1. ESTUDIO DE LA VARIABLE

El pH es una de las variables que más efectos tiene sobre el desarrollo de los microorganismos en los procesos fermentativos, limita la producción de metabolitos de interés, amplía los tiempos de fermentación, genera intoxicación del microorganismo y/o ineficacia del inóculo, para ello se planteó la optimización de los rangos del pH del microorganismo *Lactobacillus casei* en la fermentación del lactosuero (James, Velastegui & Cruz, 2017).

El *Lactobacillus casei* exhibe comportamientos y rendimientos óptimos en pH neutros, por lo tanto se planteó hacer la optimización del pH, estudiándose en rangos de 7 a 8, para ello, se empleó la superficie de respuesta, como herramienta para la optimización de la variable pH en la fermentación del lactosuero (James, Velastegui & Cruz, 2017).

3.2. OPTIMIZACIÓN DE LA VARIABLE

La optimización del pH se llevó a cabo con un diseño factorial 2^k que permite la modelación de los datos en una superficie de respuesta, donde se realizaron mezclas de las siguientes variables:

- pH en rangos de 7,00 a 8,00.
- Concentración de lactosa de 5 a 15 g/L .

Dado que la viabilidad del inóculo se vio reflejada en la cantidad de biomasa generada, la variable de respuesta será la cantidad de ésta en g/L. Las temperaturas

de incubación se tuvieron en 37°C como punto fijo y agitación a 120 r.p.m. con un periodo de fermentación de 11 h.

Para asegurar la viabilidad y buen desarrollo del lactobacillus el medio será enriquecido con nutrientes descritos en la Tabla 2.

Tabla 2 Composición proximal de nutrientes en el proceso fermentativo

Nutriente	Concentración (g/L)
KH ₂ PO ₄	1,5
K ₂ HPO ₄	1,5
MgSO ₄	0,6
MnSO ₄	0,15
Estrato de levadura	30

Para mantener la condición del pH se usó tampón Tris base HCl 0,01 M, junto con neutralizante Ca(OH)₂ que se adiciono en proporción al pH de forma automatizada.

El diseño central compuesto propone las combinaciones de la Tabla 3 realizadas con JMP pro 11 V 11.0.0.

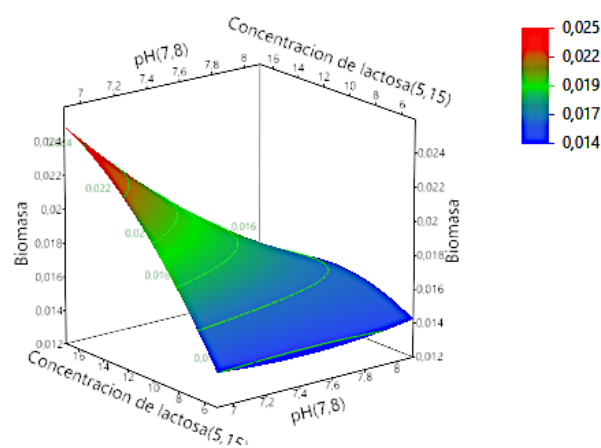
Tabla 3 Diseño central compuesto para los factores pH y Concentración de lactosa

Patrón	pH	Concentración de lactosa
--+	7	15
--+	7	15
0A	7.5	15
0	7.5	10
--	7	5
A0	8	10

+-	8	5
++	8	15
a0	7	10
0a	7.5	5
0	7.5	10
A0	8	10
0	7.5	10
0	7.5	10
a0	7	10
--	7	5
0A	7.5	15
0a	7.5	5
+-	8	5
++	8	15

Con base a los estudios realizados por James, Velastegui & Cruz (2017) con respecto al *lactobacillus casei*, se construyó el perfilador de respuesta en la Figura 5.

Figura 5 Superficie de respuesta para la optimización del pH frente la variable de respuesta Biomasa



Nota. Elaboración propia.

Donde, el incremento de la biomasa como la variable de respuesta se ve influenciado tanto por el pH como de la disponibilidad del sustrato, en pH cercanos al neutro se exhiben mayores desempeños, ya que la concentración de la biomasa con sustrato a 15g/L, es de $2,5e^{-2} \text{ g/L}$ muy superiores a la situación de 5 g/L de lactosa y pH 8.

4. POLÍTICA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Toda política pública está encaminada hacia el beneficio y prosperidad de la nación, para ellos es necesario identificar las necesidades de las regiones, como también el potencial de su producción alimentaria, para ello se abordan las principales políticas para el aprovechamiento agroalimentario a través de la infografía de la Figura 6, los cuales se generan en la cadena de producción de cualquier industria y dependiendo de su naturaleza así mismo deben ser catalogados (FAO, 2012). Solo en Colombia se produjo por desperdicios alimenticios 9,76 millones de toneladas que representan 34% de la producción nacional (DPN 2016), estos residuos y subproductos tiene en el potencial de ser transformados en productos de interés como ácido láctico, ácido cítrico, enzimas, edulcorantes y péptidos por procesos biotecnológicos como la fermentación (Grande, 2016).

Figura 6 infografía de políticas de aprovechamiento



Nota. Elaboración propia

CONCLUSIONES

Se puede lograr el aprovechamiento del suero de leche para la producción de lactato de calcio, a través de la fermentación con *Lactobacillus casei*, ya que como se demostró en la simulación es posible la viabilidad de ejecución de este tipo de proyectos a escala piloto y que con en el diseño experimental, fue posible realizar la optimización del pH, donde se demuestra que a rangos neutros se exhibe un mayor desempeño del inóculo, siendo que, de esta manera se favorece la producción de metabolitos.

BIBLIOGRAFÍA

ASAS, C., *et al.* El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. En: Agroindustrial Science [en línea]. 2021. vol. 11, no. 1, p. 105-116. Disponible en Internet: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085141>>. ISSN 2226-2989.

ASLA, M. Producción de ácido láctico por vía fermentativa a partir de lactosuero residual. Tesis de pregrado. Milan: Universidad de Oviedo, 2020. 420 p.

CARO ZAPATA, A. C., *et al.* Aprovechamiento de lactosuero para la producción de ácido láctico y posibles aplicaciones. En: Revista Gipama [en línea]. 2020. vol. 1, no. 1, p. 169-178. Disponible en Internet: <<https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3215>>.

DALLA COSTA, César Alberto. Rendimiento quesero teórico y real de la leche de la cuenca de Villa María, Córdoba. Tesis para Master en Tecnología de Alimentos. Cordoba: Universidad Católica de Córdoba, 2015. 38 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, DPN. Perdidas y desperdicios de alimentos en Colombia. [s.l.]: Gobierno de Colombia, 2016.

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE GANADEROS, Fedegan. Cifras del sector, producción (2021), producción leche y sacrificio de bovinos en colombia [en línea].

[s.l.]: [s.n.], 2021. Informe. Disponible en Internet: <<https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma: [s.n.], 2012.

GARCÍA, C.; ARRÁZOLA PATERMINA, G. y DURANGO, A. Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. En: Revista Temas Agrarios [en línea]. 2017. vol. 15, no. 2, p. 9-16. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.21897/rta.v15i2.676>>.

GRANDE TOVAR, Carlos David. Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales [en línea]. Cali: Universidad de San Buenaventura, 2016. Disponible en Internet: <<http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl:8081/handle/10819/4588>>. ISBN 9789588785813.

JAMES, M.; VELASTEGUI, E. y CRUZ, M. A. Evaluación de las condiciones de cultivo de *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus casei* a nivel de laboratorio, con inulina como fuente de carbono. En: Bionatura [en línea]. 15, febrero, 2017. vol. 2, no. 1 [consultado el 12, octubre, 2022]. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.21931/rb/2017.02.01.4>>. ISSN 1390-9355.

MINISTERIO DE AGRICULTURA DE COLOMBIA, Minagricultura. Cadena lácticos de Colombia, análisis de la situacional cadena láctea,. Bogotá D.C.: [s.n.], 2020.

PARRA HUERTAS, Ricardo Adolfo. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. En: Revista facultad nacional de agronomía Medellín [en línea]. 2009. vol. 62, no. 1, p. 4967-4982. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472009000100021&script=sci_abstract&lng=pt>. ISSN 0304-2847.

POVEDA E, Elpidia. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. En: Revista chilena de nutrición [en línea]. Diciembre, 2013. vol. 40, no. 4 [consultado el 12, octubre, 2022], p. 397-403. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.4067/s0717-75182013000400011>>. ISSN 0717-7518.

ROJAS, Adriana M.; MONTAÑO,, Liceth P. y BASTIDAS, Marlon J. Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus y streptococcus thermophilus. En: Revista Colombiana de Química [en línea]. 28, marzo, 2016. vol. 44, no. 3 [consultado el 13, octubre, 2022], p. 5-10. Disponible en Internet: <<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v44n3.55604>>. ISSN 2357-3791.