

Elaboración de ácido láctico a partir de suero proveniente de los procesos queseros

Natalia Salazar Martínez

Asesor

Andrea Vásquez García

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería ECBTI

Especialización de procesos de alimentos y biomateriales

2023

Resumen

La industria alimentaria se ha enfocado en los últimos años en realizar procesos más eficaces y competitivos, con la finalidad de disminuir costos de producción y mano de obra operativa, debido a los fallos en la cadena de producción como son el sabotaje intencional y el bioterrorismo, y por ello implementa procesos estandarizados como son Diagrama causa – efecto, Árbol de problemas, Diagrama de Pareto, Ciclo PHVA matriz de marco lógico y diversas tecnologías, con la finalidad de desarrollar e innovar en la cadena productiva. El objetivo de este trabajo es seleccionar herramientas adecuadas para la optimización de procesos, mediante la identificación de las principales técnicas usadas en el área de biotecnología para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios. Con los avances biotecnológicos actuales se puede aprovechar al máximo el suero de leche, sus aplicaciones a escala industrial han demostrado como un valor agregado a un subproducto que se desecha, y es que, bien se conoce que sus atributos nutricionales son de gran interés para obtener productos con valor agregado, como lo son bebidas energizantes, hidrolizado de proteínas, phb, recubrimientos de comestibles, también se emplean como materia prima en la síntesis de ácidos orgánicos, productos para la panificación, alcoholes, bebidas fermentadas, gomas, empaques biodegradables, sustancias inhibidoras de crecimiento y antioxidantes, proteína unicelular, exopolisacáridos, concentrados proteicos, siendo así, que el avance y desarrollo paulatino de nuevas biotecnologías, pueden encontrar más aplicaciones para un subproducto de la industria quesera.

Palabras claves: Diagrama causa – efecto, Árbol de problemas, Diagrama de Pareto, Ciclo PHVA, matriz de marco lógico.

Abstract

The food industry has focused in recent years on carrying out more effective and competitive processes, with the aim of reducing production costs and operational labor, due to failures in the production chain such as intentional sabotage and bioterrorism. and therefore implements standardized processes such as Cause-Effect Diagram, Problem Tree, Pareto Diagram, PHVA Cycle, logical framework matrix and various technologies, with the purpose of developing and innovating in the production chain. The objective of this work is to select appropriate tools for process optimization, by identifying the main techniques used in the area of biotechnology for the use of agri-food waste. With current biotechnological advances, they can be used to the maximum, its applications on an industrial scale have proven to be an added value to a by- product that is discarded, and it is well known that its nutritional attributes are of great interest to obtain products with added value, such as energy drinks, protein hydrolyzate, phb, food coatings, they are also used as raw materials in the synthesis of organic acids, baking products, alcohols, fermented drinks, rubbers, biodegradable packaging, substances growth inhibitors and antioxidants, single-cell protein, exopolysaccharides, protein concentrates, thus, the gradual advancement and development of new biotechnologies can find more applications for a by-product of the cheese industry.

Keywords: Cause-effect diagram, problem tree, Pareto diagram, PHVA cycle, logical framework matrix

Tabla de contenido

Introducción	5
Objetivo general.....	7
Objetivo específico.....	7
Contenido del trabajo	8
Uso de la biotecnología	11
Proceso de transformación del residuo agroalimentario	12
Infografía.....	31
Viabilidad del proyecto	33
Link de la grabación del video	35
Conclusiones	36
Bibliografía.....	37

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Flujograma de proceso</i>	10
Figura 2 <i>Flujograma del proceso - Simulador COCO.</i>	14
Figura 3 <i>Intercambiador de calor</i>	15
Figura 4 <i>Diagrama causa – efecto</i>	16
Figura 5 <i>Diagrama de Pareto</i>	17
Figura 6 <i>Árbol de problemas</i>	18
Figura 7 <i>Ciclo PHVA</i>	19
Figura 8 <i>Matriz de marco lógico</i>	21
Figura 9 <i>Marco lógico, seguimiento y evaluación</i>	22
Figura 10 <i>Diagrama causa – efecto</i>	23
Figura 11 <i>Balance parcial aproximado</i>	25
Figura 12 <i>Balance parcial</i>	26
Figura 13 <i>Variables del tanque de inoculación</i>	28
Figura 14 <i>Datos de variables del diseño</i>	28
Figura 15 <i>Datos de refrigeración del proceso</i>	29
Figura 16 <i>Productos y procesos biotecnológicos</i>	31
Figura 17 <i>Infografía política pública</i>	32

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Link de la Grabación del Video</i>	40
--	----

Introducción

La agroindustria en la situación actual presenta crecimiento en especial participación, en el sector lácteo, grandes resultados focalizado al número de animales en ciclo reproductivo y aquellos factores de sanidad, capacitación entre otros que generan impacto positivo o negativo en la productividad, dependiendo del contexto expuesto; Tanto la materia prima como los productos obtenidos, hacen parte del grupo de alimentos básicos, con un crecimiento en cuanto a demanda de consumo que se ha visto desde las décadas comprendidas del 1988 al 2018 cifra que supera el 58% de producción, traduciendo 530 millones de toneladas a 843 millones de toneladas (Fao, 2022).

La leche hace parte de productos perecederos y un valor nutritivo inestimable, el uso de esta materia prima al procesamiento para la obtención diversificada de derivados lácteos permiten solo generar un mayor aprovechamiento, beneficios económicos, control sanitarios de productos alimenticios, como también oportunidades en el mercado, como es la apuntada en la industria quesera puesto que de esta operación deriva el mayor subproducto que es el suero dulce, la proporción de obtención comprende entre el 80-90% del volumen total de la materia prima, con una composición cercana al 50% de nutrientes derivados de la leche (Parra H, 2009. -Gómez, G 2020).

La creciente tendencia de alimentación sana que involucra diversas oportunidades de formulación de productos de carácter funcional y/o enriquecidos, por tanto, se generan alternativas como (ingesta de calcio), pese a cantidades recomendadas la demanda sigue siendo menor. Estas situaciones se pueden presentar por: inadecuados hábitos de alimentación, el costo de consumir productos de derivados lácteos, especialmente en poblaciones vulnerables donde la política de seguridad alimentaria no es satisfactoria.

Algunas proposiciones dadas por (Asas, C. et al, 2021) generadas a la transformación para desarrollo y obtención de diversificación de 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; las proporciones corresponden a unas subcategorías: 45% formulaciones en base líquida, 30% en deshidratados, 15% en subproductos y biocompuestos de interés en forma de concentrados .

Según (García, C, et al 2017). Algunos componentes del lactosuero, generan alternativas de aprovechamiento como sustrato para favorecer procesos biotecnológicos de la línea de fermentación encaminadas a transformación de sustratos, donde las bacterias ácidas lácticas comprenden un rol importante para la obtención de transformación y producir otros compuestos que pueden ser proyectados en diversas industrias, como un ejemplo de ello tenemos el ácido láctico. También se analiza la caracterización de este material con versatilidad de optimización con el propósito de incursionar en el perfil tecnológico acorde a la producción derivada del queso. Igualmente se estudia la producción de ácido láctico y la determinación de los parámetros de crecimiento de *Lactobacillus Casei* como principal alternativa al uso del lactosuero generado en la industria quesera nacional. El objetivo de este trabajo es seleccionar herramientas adecuadas para la optimización de procesos, mediante la identificación de las principales técnicas usadas en el área de biotecnología para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios.

Objetivos

Objetivo general

Identificar las necesidades de las regiones y los recursos agroalimentarios de potencial aprovechamiento mediante el análisis de la política pública nacional, los planes de desarrollo nacional, departamental y regional, las líneas priorizadas por MinCiencias, y las estrategias internacionales para procesamiento biotecnológico de estos.

Objetivo específico

Proponer un proceso biotecnológico para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios mediante la identificación de las operaciones unitarias y la simulación del proceso comprendiendo su funcionamiento e interpretando los resultados obtenidos para la tomade decisiones en un contexto real.

Seleccionar herramientas adecuadas para la optimización de procesos mediante la identificación de las principales técnicas usadas en el área de biotecnología para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios.

Contenido del Trabajo

La actividad consiste en: Desarrolla las actividades propuestas para la fundamentación de saberes previos sobre la política pública nacional e internacional en el aprovechamiento biotecnológico de residuos agroalimentarios. Para el desarrollo de la actividad el estudiante debe desarrollar un texto que incluya los siguientes puntos:

Seleccionar un residuo agroalimentario de interés en su región, y un producto posible de obtener. Realizar un texto corto (mínimo 500 palabras) de carácter científico donde justifique su la razón de su elección. Dicho texto debe incluir cifras de producción del residuo, y uso potencial del producto a obtener.

Elaboración de Ácido Láctico a partir de suero proveniente de los procesos queseros

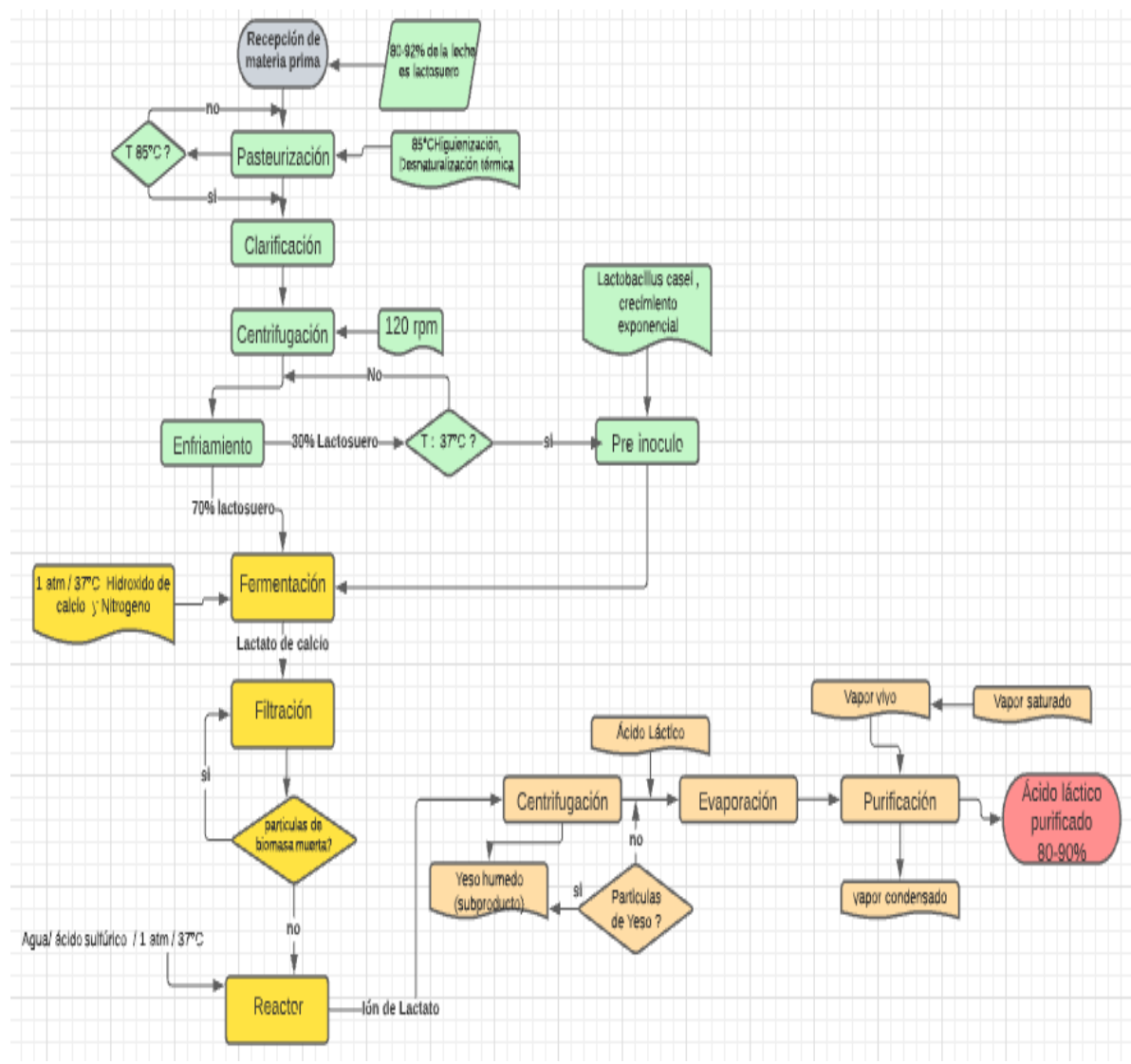
La cifra de producción lechera en Colombia para el año 2021 se estimó una productividad de leche cruda de 7.821 lts (Fedegan, 2021), en países desarrollados como: Estados Unidos y países europeos comprenden el 70% de la producción a nivel mundial. el aumento radical de varios factores entre ellos el crecimiento demográfico, la tendencia a nuevos productos por las investigaciones y desarrollo en la industria que permitan acceder a una incorporación de los subproductos por medio de nuevas formulaciones. (Poveda, E, 2013,). El queso es uno de los productos lácteos de gran importancia para la economía y tradición cultural en Colombia Aproximadamente el 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero, este residuo agroindustrial es arrojado a las fuentes hídricas convirtiéndolo, en uno de los contaminantes con mayor demanda bioquímica de oxígeno (DQO), este residuo agroindustrial cuentan con un alto potencial nutricional para ser aprovechados en diferentes procesos agroindustriales como bebidas energizantes, hidrolizado de proteínas, phb, recubrimientos de comestibles y elaboración de nuevos productos. El objetivo de este trabajo es

dar a conocer una alternativa para el aprovechamiento de este residuo, el cual consiste en la obtención de pulverización de lactosuero a partir de suero quesero, por medio de procesos biotecnológicos. La importancia de la pulverización del lactosuero en diferentes industrias alimentarias representa una necesidad en el mercado, además que podría mitigar en cierta medida las pérdidas ocasionadas por el proceso productivo al darle un segundo uso al suero proveniente de la industria quesera. Según (Asas, C. *et al*, 2021) la innovación y desarrollo de subproductos a base del lactosuero corresponden al 45% formulaciones en base líquida, 30% en deshidratados, 15% en subproductos y biocompuestos. Según (García, C, *et al* 2017). Algunos componentes del lactosuero, generan alternativas de aprovechamiento como sustrato para favorecer procesos biotecnológicos de la línea de fermentación encaminadas a transformación de sustratos, donde las bacterias ácidas lácticas comprenden un rol importante para la obtención de transformación y producir otros compuestos que pueden ser proyectados en diversas industrias.

Describir mediante un diagrama de flujo todas las etapas involucradas en el proceso de transformación del residuo agroalimentario para obtener el producto deseado.

Figura 1

Flujograma del proceso.



Fuente. Monterrubio, 2020

Uso de la Biotecnología

Como se puede observar en la figura 1, se debe conocer las características óptimas de crecimiento y desarrollo del inóculo (*Lactobacillus casei*), ya esta es una bacteria homofermentativa, los factores más importantes a controlar durante el proceso son el pH y la temperatura (Cury Regino et al., 2014), ya que al ser un proceso biotecnológico estos influyen mucho en el mantenimiento y reproducción de las cepas empleadas. La selección de la cepa para el biorreactor es fundamental ya que para optimizar el proceso se deben tener en cuenta cepas de microorganismos que sean homofermentativas ósea que dentro de los metabolitos producidos solo se produzca Ácido Láctico, que no se genere tanto compuesto nitrogenado, que el microorganismo consuma la mayor cantidad de sustrato y que se obtenga la mayor cantidad de biomasa que permita optimizar la producción de dicho ácido

Según estudios realizados por Monterrubio 2020 las cepas de *L. casei* han sido muy estudiadas en estos procesos, dicha cepa se ha puesto en estudio empleando rangos de temperatura entre los 20 y 45 °C y pH entre 5-6 que son los rangos favorables de crecimiento, encontrándose que el punto óptimo de la transformación de lactosa en ácido láctico se dio a los 37 °C y pH de 5,5, edad del inóculo de 16-20 horas, los anteriores serían los factores claves a controlar dentro del bioproceso. (Monterrubio, 2020).

Proceso de Transformación del Residuo Agroalimentario

Pasteurización

Este proceso se realiza en un intercambiador de placa en el cual ingresa el lactosuero a 4°C, la pasteurización se realiza a 85°C x 12 segundos y se enfría hasta los 37°C.

Clarificación

El objetivo principal de la clarificación del suero de leche es la eliminación de los finos de cuajada para la obtención de la mayor eficacia posible en los procesos subsiguientes de separación de la grasa.

Centrifugación

En este proceso se separa los componentes del suero láctico con un 120 rpm en función de su densidad. El suero láctico se obliga a pasar entre un pequeño espacio entre discos, lo que facilita el depósito de pequeñas partículas que se pueden eliminar. El producto de más densidad fluye por la salida lateral a través de una bomba centrípeta que proporciona presión al producto.

Enfriamiento

El enfriamiento se realiza a 37°C, con la finalidad que el pre-inoculo tenga un crecimiento exponencial del *Lactobacillus casei*

Fermentación

En el proceso fermentativo, el ácido láctico puede interactuar alterando el pH, lo que produce una condición desfavorable de crecimiento del BLA, para superar este percance, se hace neutralización del ácido láctico por medio del Ca(OH) , para producir lactato de calcio.

Filtración

Es considerado el método más competitivo en comparación con otros métodos de separación ya que la separación se logra por un gradiente de presión para que el cultivo pase por un filtro, separando este en dos fases la biomasa obtenida en el filtro y el medio líquido en un recipiente, la eficiencia de este proceso resulta ser del 90% debido a la poca densidad que presentan los cultivos.

Reactor

Para producir lactato de calcio, este es llevado a un tanque reactor para su tratamiento por hidrólisis ácida para su liberación. La hidrólisis se lleva a cabo con H_2SO_4 , el cual libera el ácido láctico del catión de calcio, por la reacción del anión $-\text{SO}_4$ para formar CaSO_4 , por lo cual la separación del ácido láctico sucede.

Centrifugación y Evaporación

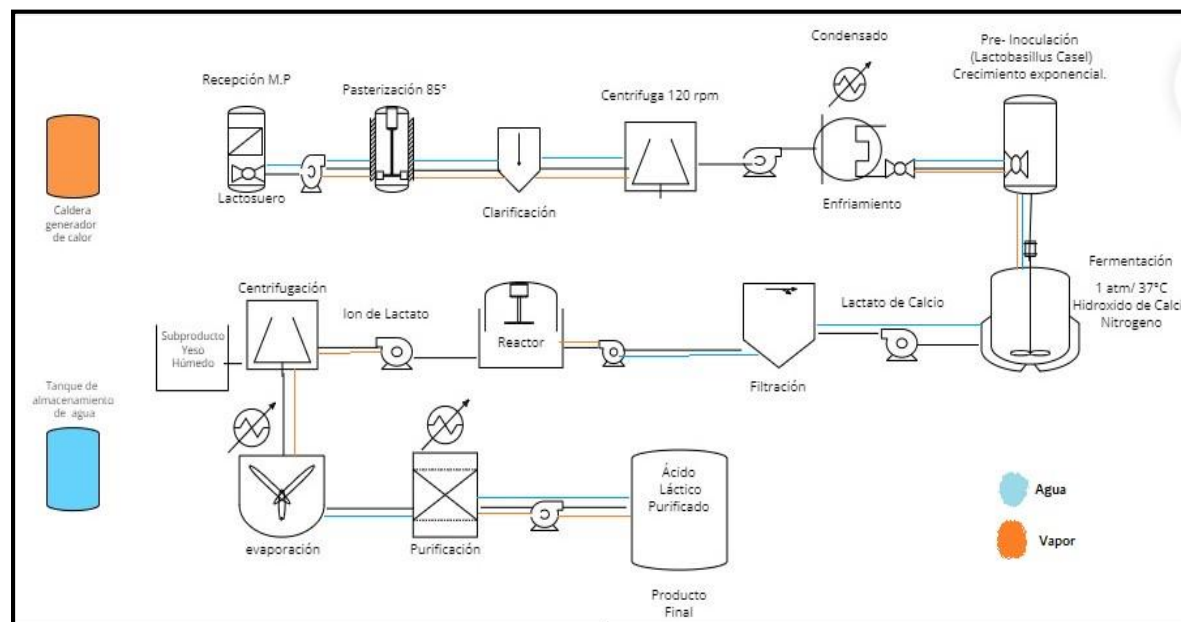
Este proceso de centrifugación tiene la ventaja de mantener las condiciones estériles del sustrato a utilizar ya que las grandes velocidades empleadas (120 rpm) generan un efecto cortante que ningún microorganismo podría resistir viéndose también favorecido por que al ser un equipo cerrado se minimiza el riesgo de contaminación.

Purificación

Debido a que se obtiene un ácido láctico diluido de las etapas de separación, es necesario su purificación para alcanzar niveles de pureza del 88%, esto se logra con fraccionamiento en columna, para ello, inicialmente se hace una concentración del pre- concentrado, a través de una columna de fraccionamiento, lo que permite concentrar unarelación 2,5 veces del ácido láctico, pero este sigue siendo muy diluido, por lo cual se realiza una esterificación con metanol, que permite tener lactato de etilo, mucho más volátil y mejora su separación por una segunda columna, al lactato de etilo se procesa con una separación inversa por hidrólisis con agua, el producto final ácido láctico, metanol y agua son separados en una tercera columna de fraccionamiento.

Figura 2

Flujograma del proceso - Simulador COCO.



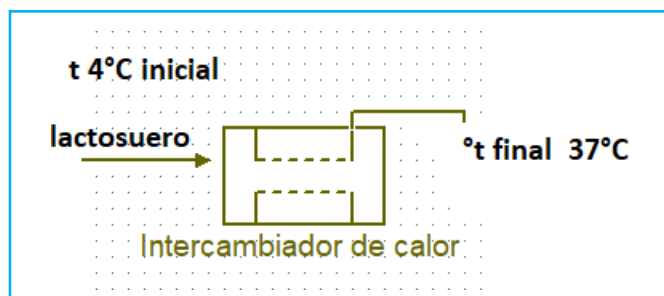
Fuente. Proceso del simulador COCO

En la figura 2, se puede observar el flujograma del proceso por medio del software COCO, el cual permite evaluar todo el proceso antes de crear un producto real; con esto es posible anticiparse a los problemas y evitar riesgos físicos para los operarios y maquinarias en la industria alimentaria.

Seleccionar las dos variables más influyentes en el proceso, simular el proceso en el Software COCO y realizar los análisis pertinentes.

Figura 3

Intercambiador de calor



Fuente. software COCO

Como se puede observar en la figura 3. El intercambiador de calor permite un cambio de deltas de temperatura, por medio de placas, por donde ingresa el lactosuero a 4°C, en donde sube la temperatura a 72°C x 12 segundos y se enfría hasta los 37°C. Los intercambiadores de calor se emplean para los siguientes usos: Elevar la temperatura de un fluido gracias a otro más caliente. Refrescar un fluido empleando otro con menor temperatura. Llevar al punto de ebullición a un fluido por la acción de un segundo con mayor. Narváez, E., (2014).

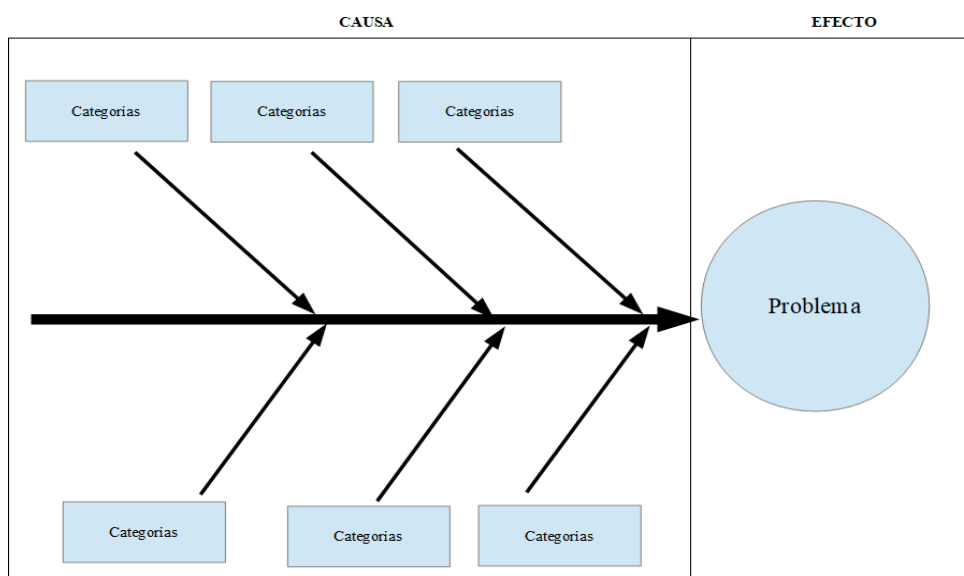
Identificar y describir las herramientas más utilizadas para realizar optimización de procesos.

Diagrama Causa – Efecto

En la figura 4. Se observa el diagrama de causa y efecto, en el cual se desprenden las ramas principales. Tales como: Causa, categorías, efecto y problema. (Bermúdez, E., 2010).

Figura 4

Diagrama causa – efecto.



Fuente. (Bermúdez, E., 2010).

Este diagrama es una herramienta de análisis que permite obtener un cuadro detallado y de fácil visualización de los diversos motivos que pueden originar un determinado efecto o problema. Se utiliza, por lo tanto, cuando se quiere detectar un efecto indeseable y descubrir sus causas.

Galgano, A. (1995). un diagrama causa-efecto bien organizado sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un

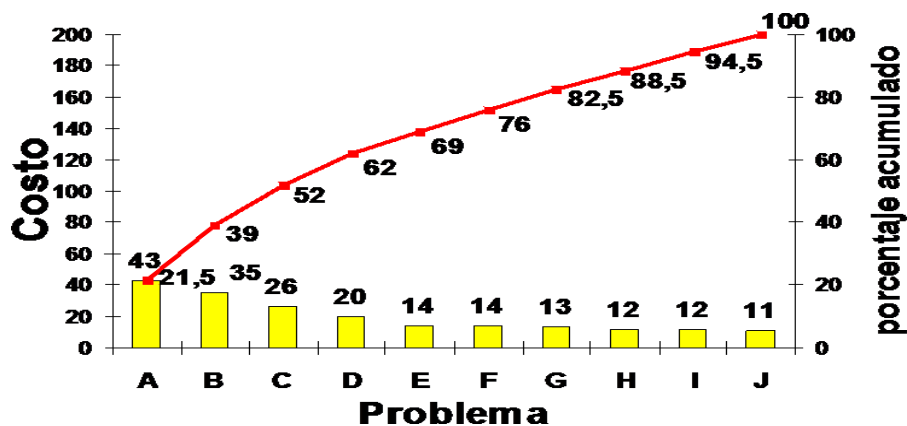
problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido. Este diagrama se debe utilizar cuando se pueda contestar “Sí” a una o a las dos preguntas siguientes: 1) ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema? 2) ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema? Para la elaboración del diagrama es posible proceder de dos formas: con la primera se trata de enlistar todos los problemas identificados, tipo “lluvia de ideas”, y de esta manera intentar jerarquizar cuáles son principales y cuáles son sus causas; la otra forma consiste en identificar las ideas principales y ubicarlas directamente en los “huesos primarios” y después comenzar a identificar causas secundarias, que se ubicaran en los “huesos pequeños”.

Diagrama de Pareto

Como se observa en la figura 5. El diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos. (Pacheco, 2013).

Figura 5

Diagrama de Pareto.



Fuente. (Gehisy, 2017).

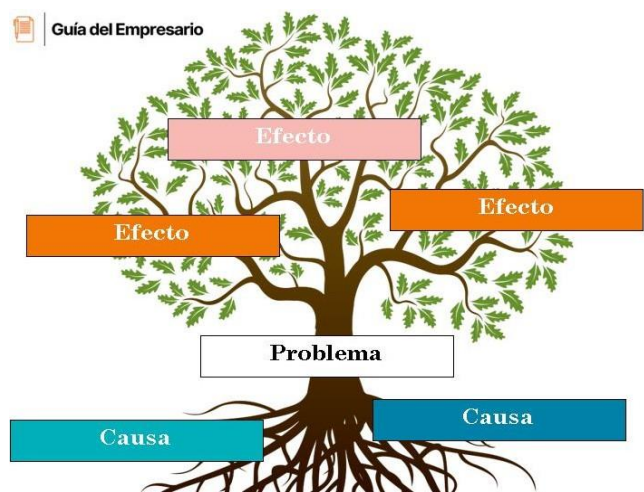
Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas. (Sales, M., 2013).

Árbol de problemas:

El Árbol de Problemas se realiza siguiendo los pasos de la figura 6.

Figura 6

Árbol de problemas



Fuente. Martínez, R & Fernández, A. 2018

El árbol de problemas, es una herramienta cuyo énfasis está en identificar de forma precisa y clara los problemas de un proyecto, encontrando las causas, efectos y posibles orígenes, también centra los esfuerzos en la identificación de posibles escenarios de solución (Ortegón, Pacheco & Prieto, 2005).

Según Martínez, R & Fernández, A. (2018). Es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada,

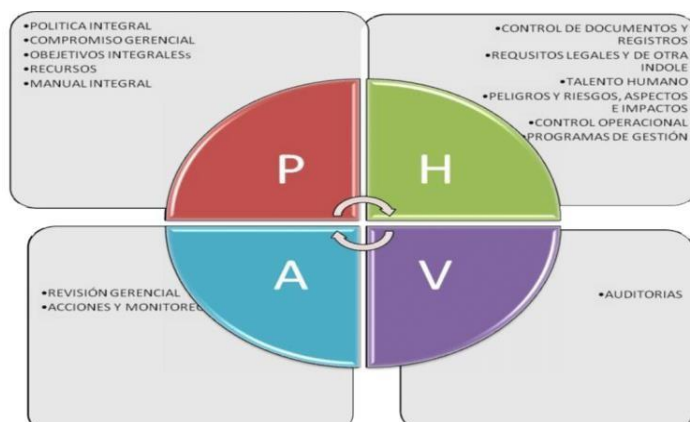
generando un modelo de relaciones causales que lo explican. Esta técnica facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. Por tanto, es complementaria, y no sustituye, a la información de base. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos. La lógica es que cada problema es consecuencia de los que aparecen debajo de él y, a su vez, es causante de los que están encima, reflejando la interrelación entre causas y efectos.

Ciclo PHVA

En figura 7. Se encuentra en ciclo PHVA, Por sus siglas de Planifica-Hacer-Verificar-Actuar, es una herramienta de optimización continua, donde su interacción se centra en la identificación y resolución de problemas, donde implica cambios continuos a través de la formulación de hipótesis e ideas, encaminados hacia la mejora continua (Ocaña et al, 2017).

Figura 7

CICLO PHVA



Fuente. ISO 9001:2018.

El ciclo Deming como se observa en la figura 8, se conforma de cuatro conceptos Planear, ejecutar o hacer, verificar o controlar y actuar que debe establecer la organización en cada uno de sus procesos comenzando por el más significativo y de ahí en adelante. Este ciclo es un instrumento que se enfoca en la solución de problemas y el mejoramiento continuo, por medio de un diagnóstico inicial, se identifican las fallas para mejorar comparando los planes con los resultados, luego se analiza el resultado no deseado se replantea un nuevo diseño de medidas que anulen el problema y no vuelva a repetirse y conseguir un resultado aceptable. Lo cual permite crecer sistemáticamente basándose en la mejora continua y la innovación. Castillo, Pineda. L. (2019).

Según Salazar, G, J., et al., (2020). El ciclo PHVA puede describirse brevemente como sigue:

Planificar: establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización, e identificar y abordar los riesgos y las oportunidades.

Hacer: implementar lo planificado.

Verificar: realizar el seguimiento (cuando sea aplicable) la medición de los procesos, productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informar los resultados.

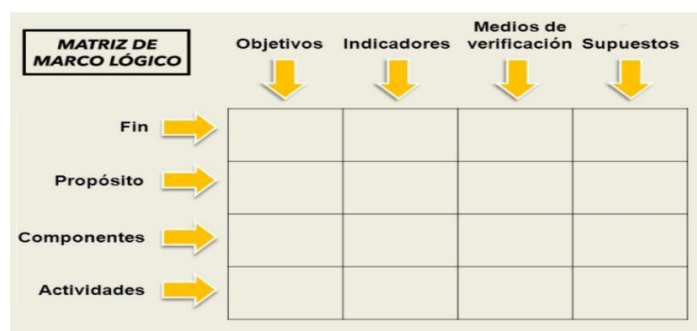
Actuar: tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario

Matriz de Marco lógico:

Es una herramienta diseñada para detallar las etapas de diseño, planeación y evaluación de proyectos, donde su énfasis está orientado al desarrollo de los objetivos, donde se centra tres fundamentales aspectos el diseño, la evaluación y la ejecución (Ortegón, Pacheco & Prieto, 2005).

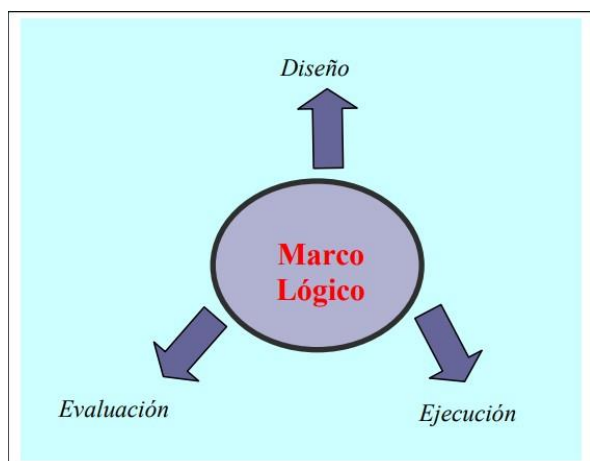
Figura 8

Matriz de marco lógico.



Fuente. Ortegón, Pacheco & Prieto, 2005.

La Metodología de Marco Lógico, como se observa en la figura 8, es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas. Puede utilizarse en todas las etapas del proyecto: En la identificación y valoración de actividades que encajen en el marco de los programas país, en la preparación del diseño de los proyectos de manera sistemática y lógica, en la valoración del diseño de los proyectos, en la implementación de los proyectos aprobados y en el Monitoreo, revisión y evaluación del progreso y desempeño de los proyectos. Ortegón, E. et al., (2005).

Figura 9*Marco Lógico, Seguimiento y Evaluación*

Fuente. Ortegón, E. et al., 2005.

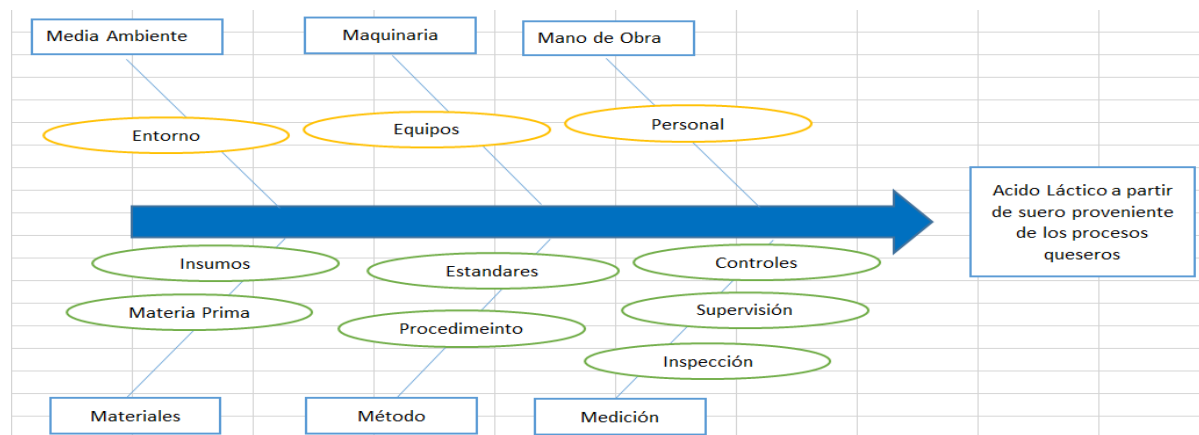
Como se observa en la figura 09. la Metodología Marco Lógico es una “ayuda para pensar” y no un sustituto para el análisis creativo, es un instrumento que ayuda a dicho análisis y permite presentar sucintamente diferentes aspectos del proyecto y acompaña como guía, toda la evaluación de una intervención; sea ésta, proyecto o programa. Ortegón, E. et al., (2005).

Seleccionar una de las herramientas descritas para optimizar el proceso que se trabajó en las fases anteriores, justificando e porqué de la selección.

Diagrama causa – efecto: Elaboración de Ácido Láctico a partir de suero proveniente de los procesos queseros

Figura 10

Diagrama de causa – efecto.



Fuente. Bermúdez, E., 2010.

Este Diagrama de la figura 10, es una herramienta que permite organizar de una manera planificada cada proceso, teniendo en cuenta el entorno, equipos, mano de obra, materiales, métodos y medición. Además, el objeto es lograr ofrecer un diagrama que permite comprender los desarrollos de nuevos productos, dándole un valor agregado al suero de leche transformándolo como ácido Láctico, el cual se obtiene a partir de suero proveniente de los procesos queseros, es una gran salida para aprovechar el suero, ya que actualmente la industria desecha el suero, sin generar algún plus del mismo, y realmente este tipo de suero, el cual es un subproducto del proceso quesero, tiene un gran valor nutricional, que no se está aprovechando.

Describir de manera detallada cómo se realizaría la optimización del proceso biotecnológico que se está proponiendo, según las fases anteriores. Dicha descripción debe incluir: variables a optimizar, rangos aproximados de estudio, descripción de los factores que afectan el comportamiento de las variables objeto de estudio, paso a paso del proceso de optimización, entre otros.

Variables a Optimizar

las variables a optimizar en el proceso para la obtención del ácido láctico son: Temperatura, presión atmosférica, revoluciones por minuto, flujo y caudal. La optimización de los procesos ayuda a estandarizarlos, lo que contribuye a reducir las posibilidades de fallas humanas y a gestionar mejor los riesgos de cada actividad.

Conocer cuáles son las principales variables de procesos, permite medir la eficiencia de los mismos. Estas variables tienen como propósito principal, transformar materias primas en un producto final.

El objetivo es mantener los niveles de productividad y eficiencia lo más alto posible, mediante el control y dosificación cuidadosa de las otras variables que pueden medirse durante un proceso de optimización industrial, tales como:

Los niveles de inventario Los niveles de energía

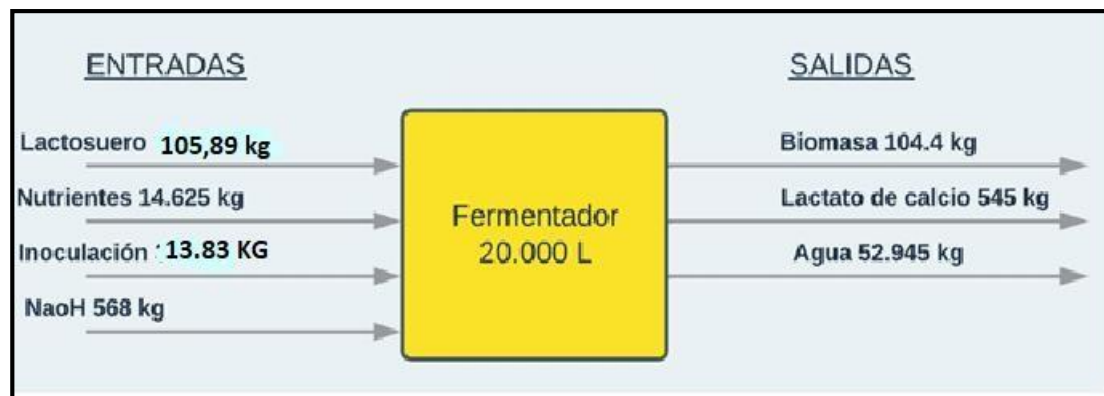
La temperatura de los materiales La temperatura de las calderas La presión de las calderas

Los niveles de las cisternas La velocidad de las esteras.

Rangos Aproximados de Estudio

Figura 11

Balance parcial aproximados



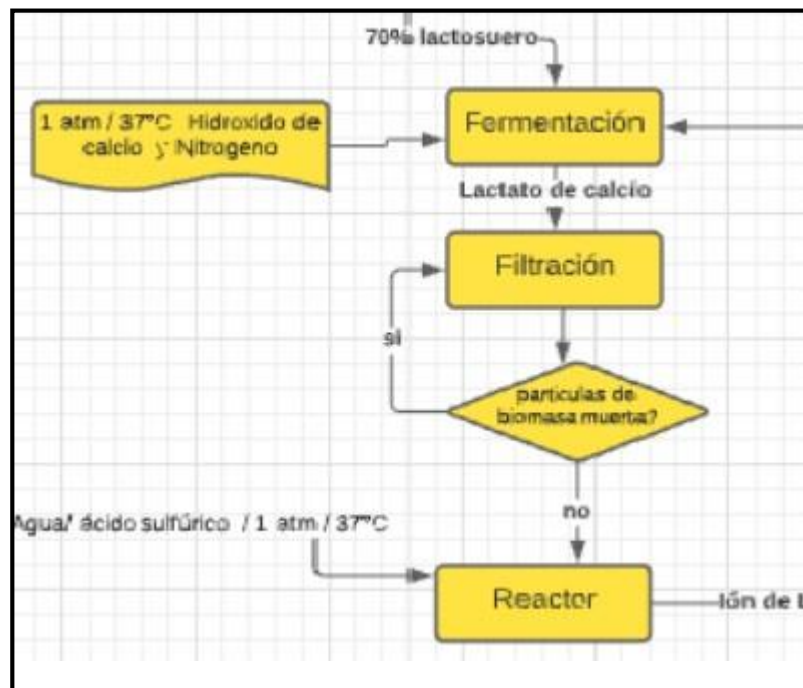
Fuente. Caro, Z., et al 2019.

Como se observa en la figura 11, el proceso fermentativo tiene una entradas y salidas, Según Caro, Z., et al 2019. La lactosa es el principal componente nutritivo (4,5 % p-v), proteína(0,8% p/v), y lípidos (0,5%), como se observa en la figura 9, el balance de materia tiene unas entradas tales como lactosuero, nutrientes, inoculación y NaOH; unas salidas como la biomasa, lactato de calcio y agua. Para la industria alimentaria, el lactosuero constituye una fuente económica de proteínas que otorga múltiples propiedades en una amplia gama de alimentos.

Tabla 1*Etapa de fermentación y obtención del metabolito*

Transporte de	Variables	Análisis
fluidos		
Hidroxido de calico	25% w/v	Objetivo de mantener el
	catidad 185 kg densidad pH constante, la neutralización de los 2240 kg m-3	protones ácidos, facilitando el procesode hidrolisis de lactosa para obtención de la glucosa
Lactato de calcio	Caudal (0.19Kg/h) entrada 15.19 kg/h salida 63.36 Kg/h	Producto obtenido deoperaciones químicas
Biomasa muerta	Concentración7 kg/m3 (104.40kg)	Impureza del producto deseado
Ácido sulfurico	Concentración 98% kg	Acidificando 28.39 fuertemente la corriente y produciendo la liberación del ion lactato en forma ácido láctico

Nota. Gálvez, cadena, E., (2010)

Figura 12*Balance parcial.**Fuente.* García, C, et al., (2010).

Según García, C, et al., (2010), establece la Manufactura de ácido láctico por fermentación microbiana por simultánea sacarificación y fermentación, Como se observa en la figura 12. El Hidróxido de calcio de nitrógeno, el método de fermentación empleado y la formación de los subproductos, Dependiente del tipo de carbohidrato, el proceso requerirá de una etapa que convierta las materias primas renovables a sustratos fermentables, sea ésta por degradación enzimática, química o por adaptación metabólica del microorganismo.

Descripción de los factores que afectan el comportamiento de las variables objeto de estudio:

Figura 13

Variables del tanque de inoculación.

CARACTERIZACIÓN DEL TANQUE DE INOCULACIÓN	
DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL EQUIPO	
FUNCIÓN DEL EQUIPO	Permite el proceso de fermentación del lactosuero para la producción de ácido láctico, donde se genera lactato de Calcio por una neutralización con Hidroxido de Calcio
DATOS DE OPERACIÓN	
MEZCLA REACTANTE	Lactosuero(Lactosa),Biomasa,Nutrientes Hidroxido de Calcio
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	37 ° C
PRESIÓN DE OPERACIÓN	1 Atm
PESO DE OPERACIÓN	15214 Kg
DENSIDAD	1015 Kg/m ³
VOLUMEN ÚTIL	75%
VOLUMEN ÚTIL	175%

Fuente. Gálvez, cadena, E., (2010)

Figura 14

Datos de variables del diseño. Fuente: Gálvez, cadena, E., (2010)

DATOS DE DISEÑO	
CAPACIDAD	20 m ³
DIAMETRO INTERNO	2,67 m
ALTURA	4,45 m
POSICIONAMIENTO	VERTICAL
GRUESO DEL CILINDRO	8,34 m
PESO VACIO	2951.18 m
PESO LLENO	18165.18 m
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	64.7 °C
NORMA DE DISEÑO ASME	ASME
TIPO DE CABEZAL	Semiesférico

Fuente. Gálvez, cadena, E., (2010)

Figura 15.

Datos de Refrigeración del Proceso.

DATOS REFRIGERACIÓN	
SISTEMA	ENCAMISADO
FLUIDO REFRIGERANTE (AGUA)	DIÁMETRO ENCAMISADO 2,83 m
CAAUDAL : 6769 [kg/h]	HOLGURA [cm] 7
TEMPERATURA : 15 ° C	ALTURA [m] : 0,37
DISEÑO DE AGITACIÓN	
TIPO	TURBINA RUSHTON
MATERIAL	AISI 316
NUMERO DE TURBINAS	2
NUMERO DE PALAS	6
POTENCIA	16,2 [Kw]

Fuente. Gálvez, cadena, E., (2010)

Según Gálvez, cadena, E., (2010). Las figuras 13,14 y 15, representan la optimización de las variables del proceso para maximizar la productividad, Para optimizar las variables del proceso y maximizar la productividad volumétrica y rendimiento de ácido láctico se utiliza un método numérico

Operación de separación

El proceso del ácido láctico se lleva a cabo por la transformación del lactosuero por el *Lactobacillus casei* en un proceso fermentativo, el ácido láctico puede interactuar alterando el pH, lo que produce una condición desfavorable de crecimiento del BLA, para superar este percance, se hace neutralización del ácido láctico por medio del Ca(OH), para producir lactato de calcio, este es llevado a un tanque reactor para su tratamiento por hidrólisis ácida para su liberación.

La hidrólisis se lleva a cabo con H_2SO_4 , el cual libera el ácido láctico del catión de calcio, por la reacción del anión $-SO_4$ para formar $CaSO_4$, por lo cual la separación del ácidoláctico sucede.

Proceso de Optimización del Proceso

Este Software Gespline versión 2, evita las pérdidas ocurridas a diario en la planta de producción, consecuencia de factores como los tiempos de parada de las máquinas, el desperdicio de material y producto, y la baja velocidad de los trabajos. La implementación del software se aumenta el 18% el número de unidades producidas al mes, al tiempo que se evitan las fugas de dinero por causa de las pérdidas diarias, permitiendo así incrementar las ganancias de las compañías de producción e impactando positivamente en la utilidad. la implementación de este software para la purificación del ácido láctico, permite el desarrollo de un proceso más eficiente, permitiendo la captura información en tiempo real desde la recepción de la materia prima, pasteurización, clarificación, centrifugación, condensado, pre inoculación, fermentación, filtración, evaporación y purificación del ácido láctico, además brinda información confiable, oportuna, estructurada y estadística de las pérdidas de tiempo por paradas, tiempos muertos, pérdidas de velocidad y pérdidas por calidad de producto no conforme, así como de las causas que las provocan y de cómo relacionarlas con las pérdidas de producción. Todo de manera automática y por medio de sensores.

Infografía

Figura 16

Productos y procesos biotecnológicos.



Fuente. Autoría propia

Figura 17

Infografía Política pública



Fuente. Autoría propia

Viabilidad del Proyecto

En los procesos queseros se presenta un problema al que hay que prestarle mucha importancia, y es la producción de un residuo que genera daños en el medio ambiente y a nivel económico pérdidas por su poca utilización; este residuo es el Suero. En una producción de queso, se puede generar entre un 80 a un 90 % de este residuo. A pesar que en los últimos años se han hecho estudios para darle un valor agregado al suero, en Latinoamérica el 47 % es desechado a los suelos, drenajes, y cuerpos de agua (Villota & F, 2015). Por lo anterior en el desarrollo de la presente actividad buscamos dar a conocer una alternativa para el aprovechamiento de este residuo, la cual consiste en la obtención de Ácido Láctico a partir de suero quesero por medio de procesos biotecnológicos. Este sustrato se utiliza por su alta concentración de lactosa que favorecen el crecimiento de los microorganismos utilizados para el bioproceso y la obtención del metabolito. Dentro de la revisión realizada se encontró que una de las cepas más empleadas para este proceso es el *Lactobacillus Casei*, por ser homofermentativa y su metabolito principal es el ácido láctico (Monterrubio.J, 2020).

El ácido láctico es utilizado en la industria de alimentos como acidulante y conservante, en la industria química como solubilizado y controlador de pH, en la industria textil en el trabajo realizado por las curtiembres, la industria cosmética lo usa para tratamientos de ansiedad y mejorar aspectos generales en la piel. La ciencia ha avanzado mucho y en los últimos años se ha empleado este ácido como materia prima para la producción de un biopolímero PLA útil para la elaboración de empaques. (Cortés, García, & González, 2003)

La importancia del Ácido Láctico en diferentes industrias representa una necesidad en el mercado además que podría mitigar en cierta medida las pérdidas ocasionadas por el proceso

productivo al darle un segundo uso al suero proveniente de las queserías que es el problema a tratar.

Como primera instancia se recolecta el suero proveniente del proceso quesero, que en promedio es el 80-92% de la producción de leche inicial del proceso. Primero se somete el suero a un proceso de pasteurización a 85 °C con el fin de permitir destruir la flora acompañante que podría competir con el *Lactobacillus casei*, la alta temperatura empleada hace que dichas bacterias no se desarrollen (Asla, 2020)

Este suero debe ser sometido a un proceso de clarificación para retirar las proteínas resultantes del proceso de calentamiento, las proteínas precipitadas deben ser removidas por centrifugación (Cecilia et al., 2019). Este proceso de centrifugación tiene la ventaja de mantener las condiciones estériles del sustrato a utilizar ya que las grandes velocidades empleadas (120 rpm) generan un efecto cortante que ningún microorganismo podría resistir viéndose también favorecido por que al ser un equipo cerrado se minimiza el riesgo de contaminación (Calleja, n.d.)

Para hacer un control correcto de variables se debe determinar en el suero las siguientes características: Determinación de Cenizas, Lactosa, Densidad, pH, Acidez, Nitrógeno, Proteína, Grasa, Sólidos Totales, Humedad (Cury Regino et al., 2014). Esta caracterización permite determinar el rendimiento del proceso y controlar las variables para el desarrollo del mismo.

Conclusiones

En este trabajo se estudió herramientas para la optimización de procesos, mediante la identificación de las principales técnicas usadas en el área de biotecnología, para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios. La automatización y el control industrial permiten entrelazar diferentes tecnologías tales como como son Diagrama causa – efecto, Árbol de problemas, Diagrama de Pareto, Ciclo PHV, y la matriz de marco lógico, con la finalidad de controlar y monitorear un proceso, máquina o dispositivo que habitualmente cumple funciones otareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana, pudiendo conseguir que una empresa lleve a cabo su producción de manera óptima y más eficiente, minimizando sus costes de producción, pero manteniendo la calidad de sus productos finales.

Bibliografía

- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., & Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105-116. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085141>
- Castillo, Pineda. L. (2019). El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo. Bogotá D.C., Colombia
- Cury Regino et al., 2014. Cury Regino, K., Arteaga Márquez, M., & Martínez Flórez, G. (2014). Evaluation of acid whey fermentation (whole and deproteinized) using *Lactobacillus casei*. *Revista*, XVI(1), 137–145. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.44281>
- Monterrubio.J. (n.d.). “Producción de ácido láctico con el uso de *L. casei* a través de la Fermentación de Suero de Leche” - YouTube. Retrieved February 22, 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=1BPYoBeXGq8>
- Collado, S.; Díaz, M. (2014). "Procesos físicos en biotecnología: enseñanza y diseño". *Arbor*, 190 (768): a158. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4012>
- Galgano, A. (1995). Los siete instrumentos de la calidad total, Manual operativo.
- García, C, Arrázola Paternina, G y Durango, A. (2017-12-13.). Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/123456789/431> Gehisy, 2017.
- García, C, et al., (2010), PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO POR VÍA BIOTECNOLÓGICA, TEMAS AGRARIOS - Vol. 15:(2) Julio - diciembre 2010 (9 - 26)
- Fao, Organización de Naciones Unidas, (s.f). Procesamiento de la leche. <https://www.fao.org/dairy-production-products/processing/es/>
- Ocaña-Raza, E., Lara-Calle, A., Mayorga-Paredes, R., & Saá-Tapia, F. (2017). Rediseño de procesos utilizando herramientas técnicas alineadas al enfoque Harrington y ciclo PHVA. *CienciAmérica*, 6(2), 101-108.

ISO 22000 (2018). Norma Internacional. Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos — Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.

Martinez, R & Fernández, A. (2018). Metodologías e Instrumentos Para la Formulación, Evaluación y Monitoreo de Programas Sociales.

Documento de uso exclusivo para los alumnos del curso “Gestión de Programas Sociales: del Diagnóstico a la Evaluación de Impactos” (COMFAMA / CEPAL).

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Cepal.

Pacheco, M. A. (2013). El diagrama de Pareto rediseñado. <http://hdl.handle.net/10554/10305>.

Parra, H. R., (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. Revista facultad nacional de agronomía Medellín, 62(1), 4967-4982. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472009000100021&script=sci_abstract&tlng=pt

Romero Bermúdez, Erika; Díaz Camacho, Jacqueline El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), vol. XL, núm.3-4, 2010, pp. 127-142 Centro de Estudios Educativos, A.C. Distrito Federal, México.

Ortegón, E. et al., (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Publicación de las Naciones Unidas.

Salazar, G. J., et al., (2020). Diagnóstico de la aplicación del ciclo PHVA según la ISO9001:2015 en la empresa INCARPALM. V5-N6-1. pag. 459-472.

Sales, M., 2013. Planificación y control de proyectos.

- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., & Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105-116.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085141>
- Braulio, k., Alba, A., Matias, I., Zamboni, E., Cerutti, R., Baroni, D., & Polujan, D. (2015).
Procesamiento del lactosuero: elaboración de lactosa y aprovechamiento de proteínas.
Departamento de Salud Pública - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Fedegan, federación colombiana de ganaderos, Cifras del sector, producción (2021), producción leche y sacrificio de bovinos en colombia. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>
- García, C, Arrázola Paternina, G y Durango, A. (2017-12-13.). Producción de ácidoláctico por vía biotecnológica. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/123456789/431>
- Gómez, Saldaña. G., (2020). Propuesta para la pulverización de lactosuero que se genera en la producción de quesos en Bogotá, utilizando simuladores de procesos “coco” y optimizadores de procesos agroalimentarios “MINITAB”.
- Narváez, E., (2014). Intercambiadores de Calor: Manual de Calculo Vol. I (Equipos Para Transferencia de Calor.
- Parra, H. R., (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. Revista facultad nacional de agronomía Medellín, 62(1), 4967-4982.
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S030428472009000100021&script=sci_abstract&lng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S030428472009000100021&script=sci_abstract&lng=pt)

- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y uso potencial como fuente de calcio dealta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40 (4), 397-403
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071775182013000400011&script=sci_arttext&tlng=e.
- Siccha Macassi, A., & Lock de Ugaz, O. (1995). Secado por atomización (spraydryer). *Revista De Química*, 9(1), 39-48. Recuperado <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view>

Apéndices

Apéndice A

Link de la Grabación del Video

<https://www.youtube.com/watch?v=8rSV2CEWNho>