

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”.

GONZALO ANDRÉS GÓMEZ SALDAÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE
RESIDUOS AGROALIMENTARIOS

BOGOTÁ

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”.

GONZALO ANDRÉS GÓMEZ SALDAÑA

TRABAJO DE FASE V PRESENTADO COMO REQUISITO PARA ALCANZAR EL TÍTULO DE ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES.

DIRECTORA
ANDREA VÁSQUEZ GARCÍA
INGENIERA AGROINDUSTRIAL
MAGÍSTER Y DOCTORA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS

BOGOTÁ

2020

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Bogotá, D.C, octubre de 2020.

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Dedicado a Dios por ayudarme en todo.

También a mi esposa Diana y a mi hijo David por creer siempre en mí y por acompañarme en todo momento de mi vida.

A mis abuelos Darío y Betulia por haberme apoyado siempre.

Andrés Gómez.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10.
ABSTRACT	11.
INTRODUCCIÓN	12.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13.
JUSTIFICACIÓN	14.
OBJETIVOS	15.
1. DESARROLLO DE CONTENIDOS	
1.1 PLANIFICACIÓN Y DECISIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.	16.
1.2 DESARROLLO DEL PROYECTO; DESCRIPCIÓN DE OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.	19.
1.3 NORMATIVIDAD VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS.	20.

1.4 PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.	21.
2. CONCLUSIONES	23.
BIBLIOGRAFÍA	24.
GLOSARIO	26.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura n° 1: Diagrama de flujo para la pulverización del lactosuero (obtención de lactosuero en polvo), elaborado con el programa en línea de flujogramas Iudochart.	18.
Figura n° 2: Diagrama de flujo para la pulverización del lactosuero (obtención de lactosuero en polvo), utilizando el simulador de procesos industriales COCO.	19.
Figura n° 3: infografía sobre la normatividad colombiana vigente referente a procesos y productos biotecnológicos.	21.

OTRAS LISTAS ESPECIALES

	Pág.
Grafica n° 1: Producción anual de suero de leche en litros desde 2015 hasta 2018.	16.

RESUMEN

Es importante resaltar que la aplicación de software para la simulación de procesos y optimización de procesos industriales es muy importante en el aprovechamiento de residuos agroalimentarios; en el aprovechamiento del lactosuero del queso para la posterior pulverización, se implementaron herramientas para la simulación del proceso como COCO y para la optimización de este se utilizó Minitab. Se relacionó la normatividad vigente en los procesos y productos derivados de la biotecnología y por último se identificó la viabilidad y pertinencia del proyecto mediante un texto escrito. Se pudo afirmar que el simulador de procesos industriales COCO y el optimizador de procesos Minitab, se acoplan de manera apropiada al proceso de aprovechamiento del lactosuero y específicamente a la pulverización.

PALABRAS CLAVE: Biotecnología, deshidratación, aprovechamiento de residuos, simulación de procesos y optimización de procesos agroalimentarios.

ABSTRACT

It is important to highlight that the application of software for the simulation of processes and optimization of industrial processes is very important in the use of agri-food waste; In the use of the whey of the cheese for the subsequent pulverization, tools were implemented for the simulation of the process such as COCO and for the optimization of this Minitab was used. The current regulations in the processes and products derived from biotechnology were related and finally the viability and relevance of the project was identified through a written text. It could be stated that the COCO industrial process simulator and the Minitab process optimizer are properly coupled to the whey utilization process and specifically to spraying.

KEY WORDS: Biotechnology, dehydration, use of waste, simulation of processes and optimization of agri-food processes.

INTRODUCCIÓN

El lactosuero obtenido de la producción de quesos representa entre el 80 y el 90% de volumen total de la leche que va a ser procesada y contiene el 50% aproximadamente de los nutrientes de la leche inicialmente, en los cuales están presentes las siguientes biomoléculas: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales (Kreczmann,, y otros, 2015).

Si se trata este residuo con distintas tecnologías pueden obtenerse diferentes subproductos. Los principales factores que motivaron su utilización fueron el impacto ambiental generado, el aprovechamiento de los nutrientes que presenta y el aumento de la demanda de sus subproductos por parte de mercados nacionales e internacionales para su aplicación en diferentes tipos de industria (alimentos y farmacéutica principalmente) (Kreczmann,, y otros, 2015).

El diseño y desarrollo de procesos alimentarios sostenibles, que integran criterios técnicos y económicos, satisfacen las demandas de los clientes y son menos dañinos para los ecosistemas, constituyen un gran desafío en un contexto de cambios globales (cambio climático, escasez de energía y aumento del precio de la energía). Una forma interesante de cumplir con estas limitaciones implica un enfoque sistemático que combine el modelado, la simulación y la optimización de procesos (Madoumier, Azzaro-Pantel, Tanguy, & Gésan-Guiziu, 2015).

Se reconoce que las industrias químicas y del petróleo están bastante familiarizadas con el enfoque de simulación-optimización y utilizan ampliamente simuladores de procesos como Aspen Plus, Aspen Hysys, ProSimPlus, Pro / II, SuperPro y COCO para calcular balances de masa y energía. Estas poderosas herramientas de software se basan en el modelado de transferencia de calor y masa dentro de las operaciones unitarias y su interconexión, mediante el uso de bases de datos termodinámicos. El uso de simuladores de proceso requiere el conocimiento exacto de la composición de los fluidos, las propiedades específicas de los componentes individuales y de las mezclas involucradas, para lo cual se computan los cambios de las propiedades fisicoquímicas del producto a través de operaciones unitarias (Madoumier, Azzaro-Pantel, Tanguy, & Gésan-Guiziu, 2015).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El lactosuero que se produce en la elaboración de quesos, representa aproximadamente entre el 80 y el 90% del total de leche usada en procesamiento del producto, el cual es un residuo que no se aprovecha por parte de los productores artesanales de derivados lácteos y tiene un alto contenido de nutrientes de gran valor biológico como proteínas solubles del suero, lactosa, vitaminas y sales minerales (Kreczmann,, y otros, 2015). Por lo anterior, surge la siguiente pregunta: ¿Es posible realizar la simulación y optimización del proceso de pulverización del lactosuero para definir las variables de proceso más importantes y maximizar su producción?; la anterior pregunta contribuirá al aprovechamiento óptimo de residuos agroalimentarios como el lactosuero en la industria láctea.

JUSTIFICACIÓN

Según el DANE, en Colombia se producen en promedio 1'205.129 litros anuales de lactosuero que provienen de la producción de quesos en general según datos reportados desde 2015 hasta 2018 (DANE, 2020). A nivel industrial y artesanal, el lactosuero es tratado como un residuo, el cual es aprovechado por las empresas de gran tamaño, pero los productores artesanales o de microempresas tienen que desechar este en los cuerpos hídricos los cuales generan gran impacto ambiental en los mismos. Es importante implementar procesos de simulación y optimización de procesos industriales aplicando software como COCO y Minitab para poder predecir cuales son las variables de procesos a simular y optimizar para establecer cuáles son los parámetros que se deben tener en cuenta para implementar en la realidad generando la máxima concentración de lactosuero en polvo para su uso en diferentes líneas de producción alimentaria y en otras industrias como la farmacéutica. Además, esto permitirá que microempresas y a nivel artesanal se implementen estas simulaciones y optimización de procesos para que puedan obtener costos de producción y así tener una idea sí podrían implementar esta tecnología en sus lugares de producción para el aprovechamiento del lactosuero pulverizándolo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer una propuesta de proyecto para el aprovechamiento biotecnológico del lactosuero obtenido de quesos en la ciudad de Bogotá, D, C, usando software de simulación de procesos industriales y optimizadores de procesos industriales para acoplarlo en el proceso productivo de lactosuero en polvo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Implementar el uso del simulador de procesos industriales COCO para la obtención de lactosuero en polvo.
2. Aplicar el optimizador de procesos industriales Minitab en el proceso productivo de lactosuero en polvo.

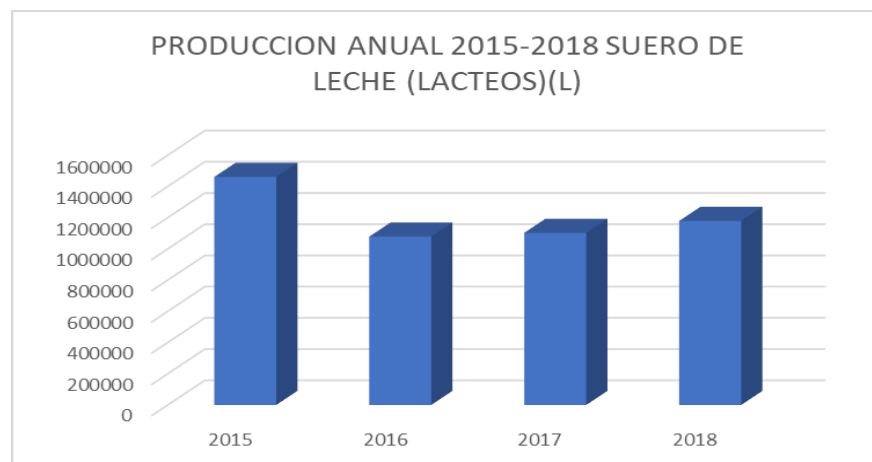
1. DESARROLLO DE CONTENIDOS

1.1 PLANIFICACIÓN Y DECISIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

El consumo de leche en Colombia está en el rango entre 141 - 143L per cápita por año. El estrato 6 consume entre 230 – 240L per cápita, mientras que los estratos 1 y 2 consumen entre 70 – 80L per cápita. Lo que se busca es un mayor consumo en los bajos estratos. Cuando se ofrece leches baratas, como se identifica, hay mucha gente que compra y esas leches baratas tienen adición de lactosuero. La legislación en Colombia es contundente: tiene que haber ausencia de lactosueros en las leches de consumo principalmente (Gobierno de Colombia, 2020).

Los lactosueros no son subproductos que causen algún tipo de toxicidad al ser humano o al consumidor final, simplemente es un subproducto que se obtiene a partir de la coagulación de la caseína principalmente de la elaboración del queso, pero que fraudulentamente se adiciona a la leche de consumo para obtener más rendimiento y más ganancias económicas de la misma ocasionando su adulteración.

Grafica n° 1: Producción anual de suero de leche en litros desde 2015 hasta 2018.



Fuente: (DANE, 2020).

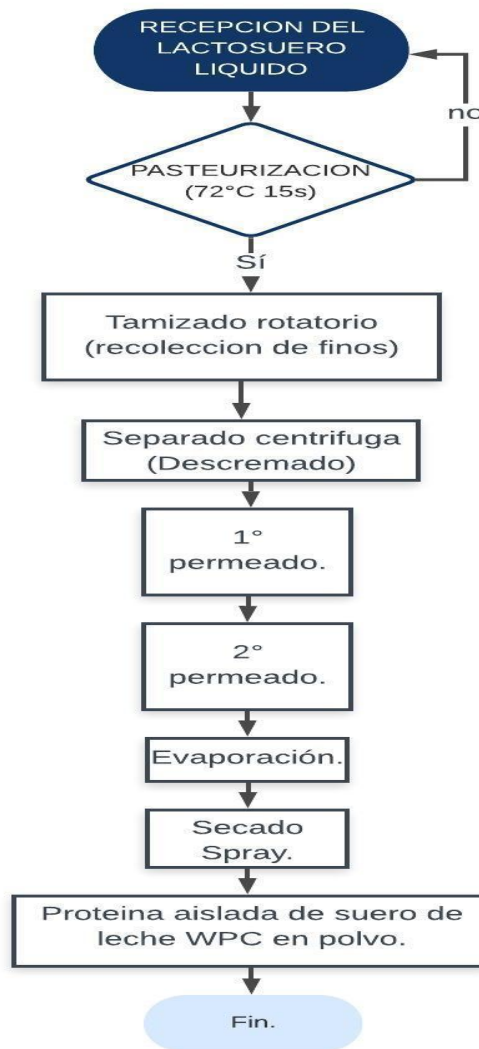
Según la fuente del Departamento Nacional de Estadística de Colombia (DANE), se produce en promedio 1'205.129 litros anuales de lactosuero proveniente de

quesos según la (gráfica n° 1) de los datos históricos reportados desde 2015 hasta 2018, con el fin de aprovechar este subproductos para la elaboración de lactosuero en polvo principalmente para ser usado en otras industrias alimentarias (cárnicos, fruiter, confitería, panadería, etc.), con el fin de enriquecer los alimentos en cuanto a su composición nutricional como en sus propiedades organolépticas como sabores y aromas específicamente (Mihalcea, y otros, 2018).

Además de lo anterior, las proteínas aisladas del suero de leche obtenida del lactosuero se usan en el enriquecimiento de productos nutraceúticos (es decir suplementos multiproteínicos) como agentes que aportan proteínas de alto valor biológico para personas que se dedican al fisiculturismo y a otros deportes que requieren el crecimiento de tejido muscular en su cuerpo (Liu, Wiese, Augustin, Scholl, & Böhl, 2020).

Con respecto a la figura n° 1, las variables que principalmente afectan el proceso de pulverización son la presión del interior de los equipos y la temperatura de trabajo; con respecto a lo anterior, se hizo un énfasis específico en el paso donde sucede la evaporación del agua el cual es el más importante de todos al reducirse considerablemente el volumen del lactosuero líquido:

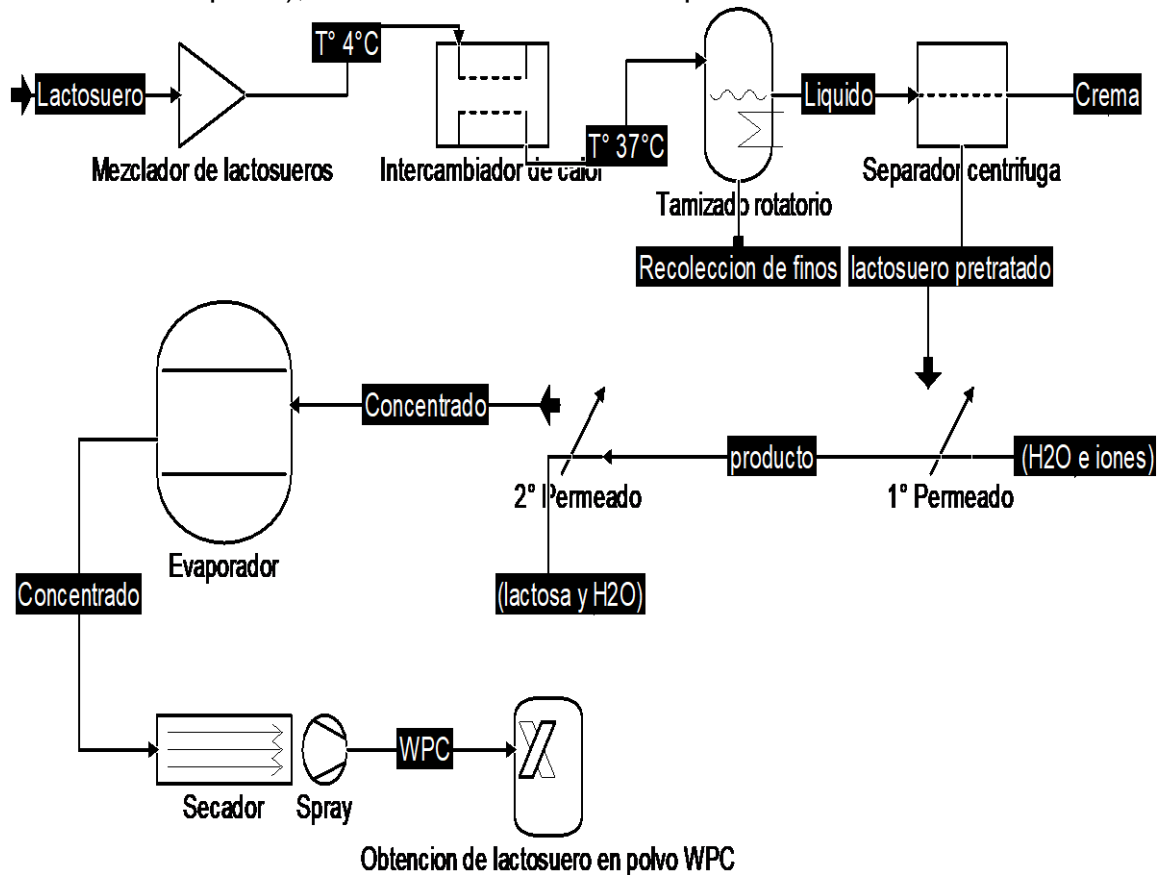
Figura n° 1: Diagrama de flujo para la pulverización del lactosuero (obtención de lactosuero en polvo), elaborado con el programa en línea de flujogramas ludochart.



Fuente: (Kreczmann,, y otros, 2015).

Teniendo en cuenta el diagrama de flujo para la pulverización del lactosuero (figura n° 1), de igual forma se realizó este mismo procedimiento de pulverización en la figura n° 2 usando la herramienta de simulación de procesos industriales COCO, el cual permite representar de forma más didáctica los flujos de entrada, salida del proceso y también seleccionar los equipos que más se utilizan en cada operación:

Figura n° 2: Diagrama de flujo para la pulverización del lactosuero (obtención de lactosuero en polvo), utilizando el simulador de procesos industriales COCO.



Fuente: (Kreczmann,, y otros, 2015).

Donde específicamente se calculan los valores de control de temperatura y presión en el evaporador “que es donde principalmente se hace la pulverización”; se indicó al simulador que se debe reducir la presión 10 veces con respecto a la presión atmosférica la cual debe estar entre 10133 y 10138Pa y la temperatura de trabajo debe ser aproximadamente entre 40 y 45°C para eliminar el mayor contenido de agua posible.

1.2 DESARROLLO DEL PROYECTO; DESCRIPCIÓN DE OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.

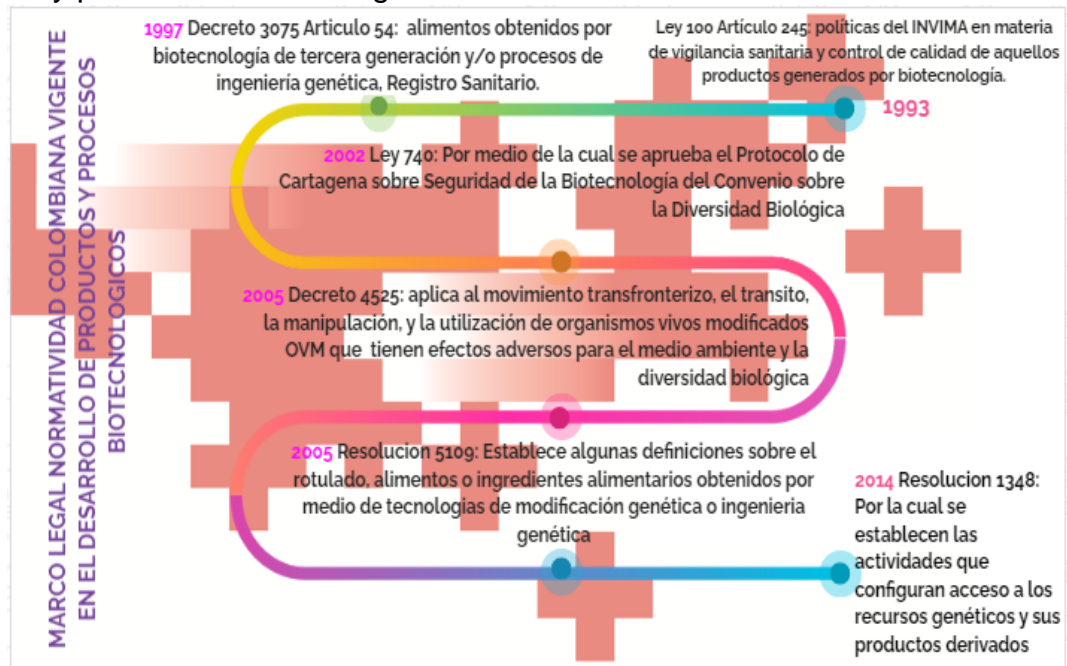
Con respecto a la descripción de la metodología para optimizar el proceso, se debe realizar el proceso de pulverización en los rangos de presión y temperatura anteriormente descritos; para realizar la optimización del proceso de pulverización

del suero, se aplica la herramienta Minitab, donde se crea un diseño de superficie de respuesta-tipo de diseño central compuesto y se seleccionan 2 factores continuos con 3 réplicas; en este caso los dos factores continuos son temperatura y presión y el factor de respuesta es la cantidad de suero en polvo producido en unidades de porcentaje el cual debe oscilar entre el 5 y 7% de producto obtenido sobre el total de suero lácteo. Después de todo lo anterior, el software Minitab hace 39 corridas y se deben ingresar manualmente las respuestas de porcentajes de suero lactosuero en polvo que se obtienen en cada condición de temperatura y presión que genere el software, para posteriormente aplicar el diseño de superficie de respuesta con el objetivo de evaluar el valor P, el cual indica que si una variable se encuentra con un valor por debajo de 0,05, indica que esta variable es de gran importancia por ende se debe generar un cuidadoso control en el proceso agroindustrial. Posterior a lo anterior, se genera la optimización de respuesta, donde indica a través de una tabla y dependiendo de las variables a controlar cuidadosamente y para el caso de la pulverización del lactosuero cuales con las condiciones de temperatura y presión óptimas para obtener la máxima cantidad de lactosuero posible en las condiciones de trabajo en la planta.

1.3 NORMATIVIDAD VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS.

En relación con la normatividad vigente para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos, se realizó la infografía relacionada en la figura n° 3:

Figura n° 3: infografía sobre la normatividad colombiana vigente referente a procesos y productos biotecnológicos.



Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2020)

1.4 PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.

En Colombia, el consumo de queso por cada colombiano está alrededor de 1,5kg por año, lo cual es un consumo bajo, pero en términos productivos, se obtienen aproximadamente 1'205.129 litros de lactosuero que proviene de esta línea productiva de la agroindustria y que en su mayoría son desechados en los cuerpos hídricos generando un alto impacto ambiental (DANE, 2020).

En las diferentes líneas productivas de la industria alimentaria (cárnicos, fruiter, confitería, panadería, chocolatería, pastelería, etc.), se requiere el lactosuero en polvo como enriquecedor de formulación a nivel nutricional, de propiedades organolépticas y sensoriales, los cuales son bastante importantes en la comercialización ya que el consumidor final exige alimentación muy completa a nivel nutricional pero que tengan sabores agradables y tengan apariencia llamativa; también se utiliza como materia prima en la producción de alimentos nutraceuticos y multiproteínicos para deportistas de alto rendimiento o simplemente para el fisiculturismo (Mihalcea, y otros, 2018).

Además de la pulverización, con el lactosuero también se puede realizar el proceso de fermentación láctica para la producción de ácido láctico comercial grado USP con una concentración máxima del 88%, que es de amplio uso en la industria láctea como agente acidificante en la elaboración de quesos de pasta hilada y en la industria farmacéutica para la elaboración de medicamentos y en especial antibióticos (Konrad, Kleinschmidt, & Faber, 2012).

En la industria láctea, en la informalidad y sin reporte de datos de manera oficial se produce bastante lactosuero por la elaboración artesanal de cuajadas, quesos frescos y otros derivados lácteos autóctonos de cada región. En este caso las personas que realizan estos derivados lácteos no tienen forma económica ni tecnologías suficientes para poder aprovechar el lactosuero y lo que hacen es desecharlo en su mayoría a los cuerpos hídricos naturales (ríos, quebradas, lagunas, etc.), provocando un gran impacto ambiental por el contenido de biomoléculas presentes en el mismo (como proteínas hidrosolubles, ácidos grasos, lactosa y algunas vitaminas y minerales) (Valk-Weeber, Eshuis-de Ruiten, Dijkhuizen, & van Leeuwen, 2020).

Por todo lo anterior, es de gran interés conocer las tecnologías y el cómo se aprovecha el lactosuero generado en la producción de quesos, ya que el sector industrial tiene la tecnología para aprovechar estos residuos pero el común de la gente no; razón por lo cual es viable generar un proyecto de simulación y optimización de procesos agroindustriales para el aprovechamiento del lactosuero, con el fin de disminuir el impacto ambiental que genera este residuo y a la vez obtener una materia prima que es indispensable en la nutrición de los consumidores finales al contener proteínas solubles del suero que son de alto valor biológico y también su uso como mejorador de formulación en el producto terminado. A su vez esto puede ser una gran propuesta para que los productores artesanales de lácteos del común puedan optar por acumular y vender el lactosuero producido o tener alguna posibilidad de poder aprovechar estos en su quehacer diario o llegar hasta la obtención de un producto intermedio entre un suero líquido y un suero en polvo.

2. CONCLUSIONES

Se estableció la propuesta para el aprovechamiento del lactosuero, donde se utilizó el software de simulación de procesos "COCO" y optimizador de procesos industriales "Minitab", lo cual genera un excelente acople entre la virtualidad y la realidad del procesamiento.

Se implemento el simulador de procesos industriales COCO, donde se establecen variables de control de proceso como temperatura y presión en cada uno de los equipos involucrados en la producción de suero lácteo en polvo.

Se aplico el optimizador de procesos industriales Minitab, donde se puede predecir que las variables que mas influyen en la transformación del lactosuero liquido en polvo es la temperatura y la presión del sistema específicamente; aunque la concentración de sólidos suspendidos en el lactosuero también influye en el rendimiento máximo.

BIBLIOGRAFÍA

- DANE. (13 de Octubre de 2020). *Departamento Nacional de Estadística DANE*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam/eam-historicos>.
- Gobierno de Colombia. (13 de Octubre de 2020). *INVIMA*. Obtenido de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/download/67/65>.
- Konrad, G., Kleinschmidt, T., & Faber, W. (2012). Ultrafiltration flux of acid whey obtained by lactic acid fermentation. *Science Direct*, 73-77.
- Kreczmann, B., Alonso, A., Liloia, M., Zamboni, E., Cerutti, R., Baroni, D., & Poluján, D. (2015). Procesamiento del lactosuero: elaboración de lactosa y aprovechamiento de proteínas. *Cátedra de Tecnología de Leche - Departamento de Salud Pública - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa Fe, Argentina.*, 44-49.
- Liu, J., Wiese, H., Augustin, W., Scholl, S., & Böhl, M. (2020). Mechanical comparison of milk and whey protein isolate fouling deposits using indentation testings. *Science Direct*, 145-158.
- Madoumier, M., Azzaro-Pantel, C., Tanguy, G., & Gésan-Guizieu, G. (2015). Modelling the properties of liquid foods for use of process flowsheeting simulators: Application to milk concentration. *Science Direct*, 79-89.
- Mihalcea, L., Turturică, M., Barbu, V., Ioniță, E., Pătrașcu, L., Cotârleț, M., . . . Stănciuc, N. (2018). Transglutaminase mediated microencapsulation of sea buckthorn supercritical CO₂ extract in whey protein isolate and valorization in high value added food products. *Science Direct*, 30-38.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. (14 de 10 de 2020). *Lección 14. Normatividad Colombiana relacionada a la Biotecnología*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211619/Contenido_en_linea_eXe/leccin_14_normatividad_colombiana_relacionada_a_la_biotecnologa.html.

Valk-Weeber, R., Eshuis-de Ruiten, T., Dijkhuizen, L., & van Leeuwen, S. (2020). Quantitative analysis of bovine whey glycoproteins using the overall N-linked whey glycoprofile. *Science Direct*, 1-10.

GLOSARIO

BIOTECNOLOGÍA: aplicación de técnicas *in Vitro* de ácido nucleico, incluidos el ADN recombinante y la inyección directa de ácidos nucleicos en células u organelos, o la fusión de células más allá de la familia taxonómica, que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional.

DESPERDICIO AGROALIMENTARIO: es una sustancia u objeto resultante de un proceso de producción en la industria de alimentos que puede ser o no aprovechable.

OPTIMIZADOR DE PROCESOS INDUSTRIALES: es el esfuerzo de la organización destinado a garantizar: El aumento máximo de la productividad. El aumento máximo de la seguridad. La reducción de los costos de operación.

RESIDUO: es una sustancia u objeto resultante de un proceso de producción el cual puede o debe ser eliminado sin afectar la salud humana o el medio ambiente.

SIMULADOR DE PROCESOS INDUSTRIALES: es una especie de maqueta o modelo digital o virtual de cualquier proceso industrial. Este modelo o copia digital está diseñado a partir de diversos que se quieren tomar en cuenta para la producción de un producto específico.

SUBPRODUCTO: es una sustancia que se obtiene de un proceso de producción, donde la finalidad primaria no es la producción de esa sustancia y es aprovechable.