

Evaluación de las etapas de evaporación de película descendente en vacío y secado por aspersión de hidrolizados clarificados de sangre de bovino para la obtención de pulverizados enriquecidos en hierro.

Laura Andrea Castillo Hernández y Ronald Javier Ortiz Ardila

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Químico

Modalidad Investigación

Director:

Carlos Jesús Muvdi Nova

Ingeniero Químico M.Sc., Ph.D.

Codirectora:

Lizeth Tatiana Cardona Chaparro

Ingeniera Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2023

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

A Dios, sin él nada es posible.

A mis padres Saúl Castillo y Luz Stella Hernández, por su esfuerzo, paciencia y principios que han sido fundamentales en mi formación personal y profesional. Espero seguir haciéndolos sentir orgullosos pues cada uno de mis logros son por y para ustedes.

A mis hermanos Jennifer y Saúl Fernando, su amor, acompañamiento y apoyo durante estos años me mantuvieron en pie, los amo.

A William Rivera por estar a mi lado y ser parte importante en mi vida, su confianza en mis capacidades en todo momento me impulso cada día a mejorar.

A Jack, mi compañía en cada momento difícil y solitario. Su existencia alegra mi vida.

A mis amigos, a Ronald por recorrer juntos este camino y no desfallecer ante los pequeños tropiezos.

Laura Andrea Castillo Hernández.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

“Nada sucede por casualidad, en el fondo las cosas tienen su plan secreto, aunque nosotros no lo entendamos”

Carlos Ruiz Zafón

Para mi madre, que siempre estuvo a mi lado a pesar de no saber nada sobre el contenido del libro. Cada vez que preguntaba por los resultados del día, le contestaba “Aun falta”. Para este punto ya puedo decirle “Se terminó”.

Mi padre, a quien siempre tuve miedo de no estar a la altura de sus expectativas. Sin embargo, este trabajo no lo hubiera podido terminar sin su apoyo. Gracias por brindarme la mejor educación y permitirme vivir esta experiencia.

A mi hermana Diana, que se fue a cumplir sus sueños y a pesar de la distancia, siempre me apoya y está dispuesta a escucharme cuando lo necesito.

A mi compañera Laura, que sin su ayuda este proyecto no sería el mismo. Porque siempre estuvo en los momentos más difíciles y es una de las pocas personas que sabe lo que realmente ocurrió en el laboratorio.

A mis amigos, porque el proyecto siempre fue un tema recurrente en las reuniones y del cual siempre evitábamos hablar. A pesar de tomar caminos diferentes, siempre recordaré los momentos que vivimos.

Ronald Javier Ortiz Ardila

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento:

A la **Universidad Industrial de Santander** por ser nuestra casa de estudios y todos los servicios que puso a nuestra disposición durante toda la carrera.

A la **Escuela de Ingeniería Química** por la acogida, la formación y los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra vida universitaria.

A **Colbeef S.A.**, la realización de este proyecto no hubiese sido posible sin su colaboración para la obtención de la materia prima necesaria.

Al **Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos CICTA**, por permitirnos hacer uso de sus equipos, instalaciones y servicios para llevar a cabo este proyecto.

Al Doctor Carlos Jesús Muvdi Nova por permitirnos vivir esta experiencia investigativa.

A la **Ingeniera Lizeth Cardona** por su acompañamiento en cada una de las etapas desarrolladas, el conocimiento que compartió con nosotros y el compromiso con este trabajo.

A **nuestras familias**, pilares en nuestra educación, por su paciencia y apoyo durante las dificultades y aciertos para alcanzar el objetivo de este trabajo.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Objetivos	11
1.1. Objetivo general	11
1.2. Objetivos específicos	11
2. Marco teórico y estado del arte	12
3. Metodología	17
3.1. Fase 1: Caracterización de la evaporación de película descendente al vacío.	17
3.2. Fase 2. Evaluación del secado por aspersion en presencia o no de agente encapsulante y anticompactante.....	19
3.3. Fase 3: Revisión de potenciales aplicaciones.	20
3.4. Métodos experimentales y análisis.	21
4. Resultados y discusión.....	22
4.1. Obtención de los hidrolizados clarificados de sangre bovina.....	22
4.1.1. Hidrólisis enzimática.	22
4.1.2. Clarificación con membranas.	24
4.2. Caracterización de la evaporación de película descendente al vacío.	28
4.3. Evaluación del secado por aspersion.	32
4.4. Revisión de potenciales aplicaciones.	38
5. Conclusiones.	44
6. Recomendaciones	45
Referencias bibliográficas	46
Apéndices.	62

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Técnicas y normas para análisis.	22
Tabla 2. Caracterización de sales y otros compuestos de la sangre y el hidrolizado.	23
Tabla 3. Caracterización de muestras finales de la etapa de clarificación con membranas.	25
Tabla 4. Caracterización fisicoquímica de muestras de hidrolizados clarificados en función del FCV.	29
Tabla 5. Análisis bromatológico de los hidrolizados concentrados.	31
Tabla 6. Contenido de humedad y solubilidad en agua de los pulverizados obtenidos por secado por aspersión.	34
Tabla 7. Matriz de perfil competitivo.	41

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama metodológico del trabajo de grado.....	17
Figura 2. Equipo de evaporación de película descendente al vacío.....	18
Figura 3. Equipo de secado por aspersión.....	20
Figura 4. Permeabilidad durante la etapa de clarificación en función del tiempo.....	24
Figura 5. Comportamiento del factor de concentración volumétrica (FCV) en el tiempo.....	28
Figura 6. (a) Hidrolizados de sangre bovina clarificados con membranas de 100 nm. (b) Hidrolizados de sangre bovina clarificados y concentrados por evaporación de película descendente al vacío. (c) Apariencia del hidrolizado concentrado al estar en reposo.....	30
Figura 7. Rendimientos de la operación de secado en presencia y no de MD y fosfato tricálcico (Anticompactante).....	32
Figura 8. Composición de los pulverizados del hidrolizado clarificado concentrado sin aditivos y a tres niveles de MD con anticompactante. (a) Porcentaje de proteína. (b) Cantidad de hierro. ..	36
Figura 9. Análisis DOFA para cereales y productos derivados.....	39
Figura 10. Análisis DOFA para zumos de frutas preparados.....	40

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Protocolo modificado de operación del evaporador de película descendente al vacío.	62
Apéndice B. Ficha técnica Alcalase® Grado alimenticio, Novozymes.....	64
Apéndice C. Balances de hierro en el secador por aspersion.	66
Apéndice D. Análisis DOFA de los productos lácteos y productos cárnicos (embutidos).	69

Resumen

Título: Evaluación de las etapas de evaporación de película descendente en vacío y secado por aspersión de hidrolizados clarificados de sangre de bovino para la obtención de pulverizados enriquecidos en hierro.*

Autores: Laura Andrea Castillo Hernández, Ronald Javier Ortiz Ardila.**

Palabras clave: Sangre bovina, hierro hemo, hidrólisis enzimática, clarificación con membranas, evaporación de película descendente, secado por aspersión, fortificante alimenticio, aplicaciones.

En Colombia, para el año 2022 se sacrificaron alrededor de 3 millones de cabezas de ganado bovino, donde el 4-5% de su peso (430 kg aprox) es sangre. Este subproducto tiende a desecharse inadecuadamente y en consecuencia contamina los recursos hídricos, el suelo y el aire. En búsqueda de mitigar el impacto y valorizar este residuo, en el presente trabajo se evaluaron 2 etapas de tratamiento: Evaporación de película descendente al vacío y secado por aspersión, con el objetivo de obtener pulverizados con alto contenido de hierro. Los hidrolizados clarificados se concentraron con una temperatura y presión de operación de 80°C y 200 mbar. Se necesitaron 7 ciclos para obtener un FCV final de 5,9 con 54,5 %MS y un contenido de hierro 4,79mg/100g. Las características de los concentrados no aumentaron proporcionalmente al FCV y la cantidad de sodio incrementó 372%. Durante el procesamiento, se modificó el protocolo de operación por la formación de espuma que detuvo la eliminación de agua de la suspensión. Para las pulverizaciones se ajustó una solución acuosa con hidrolizado concentrado al 20 %MS, al igual que otros 3 tipos de soluciones; añadiendo maltodextrina (MD) como agente encapsulante (0%, 7%, 10%) y fosfato tricálcico como agente anticompactante (0,42g). Al finalizar las pruebas se confirmó que un aumento en la concentración de MD influye en la humedad y el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de los polvos. Se obtuvo un producto final con un contenido de hierro superior a 24mg/100g. Para el evaluar el potencial del producto para su cómo fortificante alimenticio se utilizó la matriz de perfil competitivo (MPC) entre distintos vehículos alimentarios, donde destacaron los cereales y jugos de fruta, al ser alimentos de consumo regular por la población colombiana.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería química. Centro de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova, Ingeniero químico, M.Sc., Ph.D. Codirectora: Lizeth Tatiana Cardona Chaparro, Ingeniera química.

Abstract

Title: Evaluation of the vacuum falling film evaporation and spray drying stages of clarified bovine blood hydrolysates to obtain iron-enriched pulverized products.*

Authors: Laura Andrea Castillo Hernández, Ronald Javier Ortiz Ardila.**

Key words: Bovine blood, heme iron, enzymatic hydrolysis, membrane clarification, falling film evaporation, spray drying, food fortifier, applications.

In Colombia, around 3 million head of cattle will be slaughtered by 2022, where 4-5% of their weight (approx. 430 kg) is blood. This by-product tends to be improperly disposed of and consequently contaminates water resources, soil, and air. To mitigate the impact and valorize this waste, this study evaluated two treatment stages: vacuum falling-film evaporation and spray drying, with the aim of obtaining pulverized products with a high iron content. The clarified hydrolysates were concentrated at an operating temperature and pressure of 80°C and 200 mbar. Seven cycles were needed to obtain a final FCV of 5.9 with 54.5 %MSM and an iron content of 4.79mg/100g. The characteristics of the concentrates did not increase in proportion to the FCV, and the amount of sodium increased 372%. During processing, the operation protocol was modified due to the formation of foam that stopped the removal of water from the suspension. For the sprays, an aqueous solution was adjusted with concentrated hydrolysate at 20 %MS, as well as 3 other types of solutions; adding maltodextrin (MD) as an encapsulating agent (0%, 7%, 10%) and tricalcium phosphate as an anticompacting agent (0.42g). At the end of the tests, it was confirmed that an increase in MD concentration influences the moisture and Water Solubility Index (WSI) of the powders. A final product with iron content higher than 24mg/100g was obtained. To evaluate the potential of the product as a food fortifier, the competitive profile matrix (CPM) was used between different food vehicles, where cereals and fruit juices stood out, since they are foods regularly consumed by the Colombian population.

* Undergraduate Project.

** Physical-Chemical Engineering Faculty. School of Chemical Engineering. Food Science and Technology Research Center. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova, Chemical Engineer, M.Sc., Ph.D. Co-director: Lizeth Tatiana Cardona Chaparro, Chemical Engineer.

Introducción

Según la Encuesta de Sacrificio de Ganado (ESAG) en Colombia, durante el 2022 se sacrificaron 3'107.462 cabezas de ganado bovino. Actualmente, el país cuenta con 198 plantas de beneficio bovino, porcino y aviar que recibieron certificación sanitaria por cumplir con lo expuesto en el Decreto 1500 del 2007 (CONtextogadero, 2022). En esta normativa se especifica el manejo de residuos líquidos y sólidos generados en procesos internos y externos.

A nivel nacional el animal pesa en promedio 433 kg/cabeza y la sangre equivale a un 4-5% de su peso vivo (Fedegan, 2022). El contenido ruminal, piel, bilis, sangre representan un 97% de los subproductos de las plantas de sacrificio, los cuales son altamente contaminantes para los recursos hídricos, el suelo y el aire (CAR, 2008). Al verter sangre en las tuberías, los coágulos formados se acumulan y se descomponen dando lugar a malos olores (Triana, 2019). Con el fin de disminuir los residuos, se plantea aprovechar la sangre aplicando tratamientos que aumenten su valor y constituir una ventaja económica y ambiental. Una de las opciones más aplicadas es como fuente de proteínas en la fabricación de alimentos y suplementos para nutrición animal (Quemba *et al.*, 2009).

En base a las necesidades alimenticias de algunos departamentos de Colombia (Telesur, 2022), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación financia un proyecto para el desarrollo de una harina vegetal fortificada a partir del procesamiento enzimático de sangre bovina. El propósito de este trabajo es apoyar al cumplimiento del Objetivo específico 4: "Implementar las etapas de postratamiento de los hidrolizados obtenidos a través del escalado del proceso de filtración con membranas y la implementación de las etapas de evaporación de película y de desalado" a partir de un estudio exploratorio, con la finalidad de dar paso a futuras investigaciones que profundicen en cada una de las etapas de procesamiento.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Evaluar las etapas de evaporación de película descendente en vacío y secado por aspersión de hidrolizados clarificados de sangre de bovino para la obtención de pulverizados ricos en hierro.

1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la etapa de evaporación de película descendente al vacío durante la concentración de los hidrolizados clarificados de sangre de bovino.
- Evaluar la etapa de secado por aspersión de hidrolizados concentrados de sangre de bovino en presencia o no de agente encapsulante y anticompactante.
- Analizar el potencial de aplicación del producto obtenido para su uso como fortificante alimenticio.

2. Marco teórico y estado del arte

En el 2021 el grupo CICTA salió favorecido en la Convocatoria Min Ciencias 896-2021 para el fortalecimiento de capacidades regionales de investigación en salud, a través del proyecto “Desarrollo de una harina vegetal fortificada con hierro obtenido del procesamiento enzimático controlado de la sangre de bovino, como futura estrategia para aumentar la disponibilidad de hierro hemínico en la dieta de las familias con niños menores de 5 años del departamento de Boyacá”; en colaboración con la UPTC y el SENA. La presente propuesta de Trabajo de grado se enmarca en el Objetivo específico 4 (de los 7 planteados en el proyecto) que busca implementar las etapas de postratamiento de los hidrolizados obtenidos a través del escalado del proceso de filtración con membranas y la implementación de la evaporación de película y de secado por aspersión.

Inicialmente, es importante comprender que el hierro hemo o hemínico se define como aquel que se obtiene de alimentos de origen animal y es mejor absorbido por el cuerpo humano (Tostado *et al.*, 2015); razón por la cual se desea incorporar en otro tipo de alimentos.

La utilización de subproductos procesados provenientes de la sangre animal como fuente proteica en la alimentación humana, se ha discutido ampliamente en varias reuniones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como una medida a considerar ante la escasez mundial de alimentos ricos en proteínas. La sangre es una fuente rica en proteínas de alta calidad, pero muy poco valorada en el mercado; por tal razón, diferentes investigaciones han estudiado los hidrolizados de sangre de diferentes animales de consumo, con el fin de evaluar la capacidad biológica de los péptidos resultantes de sus fracciones (Barragán, 2013).

El proyecto financiado por Min Ciencias trabaja con hidrolizados de sangre de bovinos. Esta se compone en su mayoría por agua con un porcentaje superior al 80%; las proteínas, grasas

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

y carbohidratos están presentes en proporciones más pequeñas de 17,3%, 0,23% y 0,065%, respectivamente. La fracción líquida denominada plasma es rica en proteínas con un porcentaje cercano al 7,9% (Linden & Lorient, 1997). Estos valores han sido determinantes en por qué la sangre es una excelente fuente de aminoácidos esenciales (Bah *et al.*, 2013, citado por Mora *et al.*, 2014), y junto a su contenido de hierro hemo, se le otorgan varios usos importantes: consumo humano (alimenticio y farmacéutico), animal e industrial (Rodríguez *et al.*, 2010).

El uso tradicional de la sangre animal es popular en Europa y Asia, en la preparación de morcillas, salchichas, galletas, pasteles de sangre y panes (Jayathilakan *et al.*, 2012). En Brasil, según Santos *et al.*, 2008, la sangre y las vísceras, producidas en el sacrificio, se utilizan en la preparación de platos como buchada (carne de cabra), carne picada (cabra y cordero) y zarapatel (carne de cerdo). Los productos cárnicos derivados de la sangre y vísceras de cerdo como la morcilla son populares en algunos países latinoamericanos, por ejemplo, México, Perú y Colombia (Pérez *et al.*, 2017).

La hidrólisis consiste en una reacción donde se da el rompimiento de una molécula por la acción del agua. Este proceso puede realizarse de forma química o enzimática. La hidrólisis enzimática es recomendada para tratar sustancias como la sangre, ya que durante su ejecución los aminoácidos presentes en esta sustancia no se degradan, manteniendo el valor nutritivo del producto, denominado hidrolizado (Guadix *et al.*, 2000). En cuanto a las enzimas utilizadas, se pueden considerar catalizadores biológicos, que actúan con gran variedad de sustratos y son de bajo costo respecto a otros catalizadores. Al ser eficientes en pocas cantidades aumenta el valor agregado del hidrolizado (Gómez *et al.*, 1999, citado por Silva y Silvestre, 2003).

En Perú, se han obtenido hidrolizados proteicos a partir del pescado entero y sus subproductos, usados como ingredientes en el desarrollo y producción de alimentos fortificados,

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

que pueden reducir los riesgos de cáncer, envejecimiento, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Espinoza y Castillo, 2022). Por otra parte, estudios indican que la hidrólisis enzimática de las proteínas del lactosuero permite liberar péptidos bioactivos con mejor actividad antioxidante y antihipertensiva (Tovar *et al.*, 2021). En cuanto a los hidrolizados de plasma de cerdo y bovino, se ha buscado mejorar las propiedades del producto encontrando la mejor relación enzima sustrato, empleando con gran éxito Alcalase 2.4L de grado alimenticio (Figuroa *et al.*, 2016).

Los hidrolizados de sangre bovino son sometidos a procesos baromembranarios, es decir, procesos fundamentados en el gradiente de presión de la sustancia a la entrada y salida de la membrana porosa. Las técnicas de microfiltración y ultrafiltración se diferencian en el umbral de corte de la membrana que se usa para la separación, el cual puede estar entre 0,1-10 μm o 1-100 nm, respectivamente (Solís *et al.*, 2017). Esta característica condiciona los elementos y sustancias que podrán ser separadas o retenidas durante el proceso. Para los hidrolizados, éstas se implementan con el propósito de obtener proteínas, aminoácidos y otros compuestos importantes de la sangre, reteniendo el material celular que ocasiona la descomposición.

Las Tecnologías con membranas tienen gran incidencia en el desarrollo de nuevos y mejores productos. Su aplicación ha sido notoria en la industria de alimentos, en la desalinización de agua de mar, el tratamiento de aguas residuales y en la clarificación de jugos. En el caso de los lácteos, se ha empleado en la producción de las proteínas del lactosuero. Su creciente auge se debe a que son consideradas amigables con el ambiente, y permiten el desarrollo de nuevos alimentos (Solís *et al.*, 2017). Una estrategia para disminuir la cantidad de sólidos en suspensión que ingresan a los procesos membranarios es la implementación del filtro prensa. Este equipo dispone el paso del fluido a través de uno o varios medios porosos que retienen los sólidos de mayor tamaño

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

formando una torta que sirve como medio filtrante y aumenta la presión en el filtro (Vásquez, 2008, citado por Pérez, 2021).

En el grupo CICTA, Monroy (2013) planteó un esquema de valorización de sangre bovina usando hidrólisis enzimática y tecnología con membranas. Por su parte, Acosta y Ríos (2013) usaron soluciones de sangre bovina cruda e hidrolizada para estudiar el efecto del diámetro de poro en las permeabilidades y características del permeado.

Con la finalidad de seguir mejorando las características del hidrolizado obtenido, se llevarán a cabo dos etapas adicionales de tratamiento: Evaporación de película descendente y secado por aspersión. La evaporación de película descendente busca concentrar la sustancia que ingresa al equipo. El líquido para evaporar se distribuye uniformemente sobre la superficie interior del tubo y fluye hacia abajo por acción de la gravedad formando una película delgada sobre la pared interior de los tubos, en la cual la ebullición y la evaporación tiene lugar, por medio del calor transmitido por el vapor (Klemeš y Robin, 2008).

La principal ventaja frente a otros métodos de concentración es que proporciona los mayores coeficientes de transferencia de calor sin importar la configuración. Suele ser el dispositivo más económico, pero no es adecuado para la evaporación de productos con viscosidades superiores a 300 cP o si los productos se ensucian mucho (Galanakis, 2015). Esta técnica es utilizada durante el procesamiento de azúcar, jarabes y productos lácteos, al igual que para concentrar flujos de residuos provenientes de etapas de tratamiento anteriores (Kerr, 2019). De la misma forma la evaporación resulta ser una etapa de adecuación de otras operaciones unitarias, por ejemplo, en la concentración de sólidos se aplica antes del secado por pulverización (Tamime, 2009).

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

El secado por aspersión es una operación unitaria en la que una mezcla líquida se introduce en el secador, en donde es pulverizada, y posteriormente, se deshidrata por contacto con aire caliente (seco) para producir un producto sólido con bajo contenido de humedad (Estrada *et al.*, 2017). Algunas ventajas de esta sobre otras técnicas incluyen: la obtención de polvos finos y fluidos, su operación es continua y maneja tiempos cortos de residencia (5-30s). Además, su uso se recomienda para encapsular compuestos bioactivos con el objetivo de facilitar su manejo e incorporación conservando sus características naturales (Fabela, 2017). En consecuencia, en los últimos años este tratamiento se ha utilizado en matrices vegetales para encapsular micropartículas de zumos: de remolacha (Janiszewska, 2014), de sandía (Oberoi y Sogi, 2015), entre otros, lo que ha aumentado su valor agregado en el mercado.

Para aumentar la ingesta de minerales y nutrientes esenciales que garanticen el correcto funcionamiento del organismo, la fortificación de alimentos se ha convertido en una de las opciones más llamativas. Se dice que un alimento es enriquecido o fortificado de algún nutriente si se le ha agregado al menos un 10% del valor diario recomendado; excluyendo el porcentaje presente de manera natural (Pizarro *et al.*, 2005).

La encapsulación se proyecta como una tecnología prometedora para el desarrollo de micronutrientes fortificantes por sus buenas propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales (Jafari y McClements, 2017). Mediante la nano encapsulación se ha logrado enriquecer con hierro vehículos como: el queso cheddar (Siddique y Park, 2019), la leche en polvo (Gupta *et al.*, 2015) y los preparados para lactantes (Shubham *et al.*, 2020), el zumo de naranja (Blanco *et al.*, 2011), la bebida de yogur (Santillán *et al.*, 2017) y los cereales infantiles a base de soja (Kusn y Suyatma, 2017). De esta forma, se incorpora una cantidad adicional de nutrientes mediante alimentos básicos de la dieta sin llegar a alterar las costumbres alimenticias.

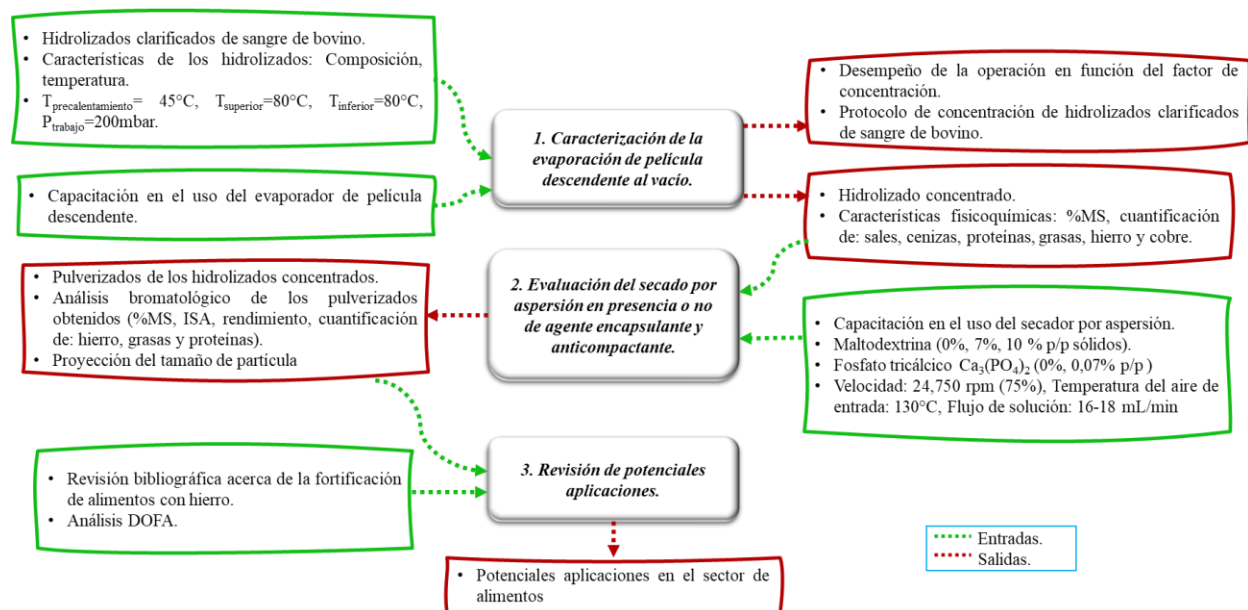
EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

3. Metodología

La Figura 1 presenta el diagrama metodológico, resaltando las fases desarrolladas para alcanzar los objetivos plantados en este proyecto.

Figura 1.

Diagrama metodológico del trabajo de grado.



3.1. Fase 1: Caracterización de la evaporación de película descendente al vacío.

La sangre bovina utilizada como materia prima fue suministrada por Colbeef S.A.S a la cual se le adicionó citrato de sodio al 3,2% p/v como anticoagulante para evitar pérdida de sus propiedades físicas. Se replicaron las condiciones de obtención de los hidrolizados clarificados de sangre de bovino trabajadas por Acosta y Ríos (2013), y Monroy (2013). Los hidrolizados obtenidos se sometieron a un proceso de clarificación con membranas con umbral de corte de 100 nm.

Los hidrolizados clarificados se concentraron mediante un evaporador de película descendente al vacío (Figura 2). La temperatura de precalentamiento y operación se fijó en 45 y

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

80°C respectivamente, el flujo de alimentación a razón de 35 ml/s y la presión de operación de 200 mbar. Se realizaron pruebas con dos lotes de 15,4L y 15,9L. El lote 1 alcanzó un FCV de 2,7 con un único ciclo (ciclo hace referencia al paso de toda la solución a través del sistema evaporador). Para el lote 2 se necesitaron 2 ciclos a fin de obtener un valor similar, luego del segundo ciclo el FCV total fue 2,4. Se mezclaron los volúmenes resultantes de ambos lotes (5,7 L y 6,5 L) para iniciar nuevamente el proceso de concentración partiendo del nuevo FCV calculado en 2,5. Después de 3 ciclos se obtuvo un FCV final de 5,9; durante el ciclo 3, se modificó el protocolo de operación debido a problemas de estabilidad de la película ocasionados por la formación de espuma.

Para esta etapa se reportó: porcentaje de materia seca (%MS), contenido de sales, cenizas, grasas, proteínas, hierro y cobre en función de la evolución del Factor de reducción volumétrica (FRV/FCV). En adición, se generó un protocolo para la concentración de hidrolizados clarificados de sangre de bovino mediante la técnica de evaporación de película descendente al vacío. (Ver Anexo A).

Figura 2.

Equipo de evaporación de película descendente al vacío.



EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

3.2. Fase 2. Evaluación del secado por aspersión en presencia o no de agente encapsulante y anticompactante.

Las mezclas con el hidrolizado concentrado obtenido de la evaporación se alimentaron al secador (Figura 3) a razón entre 16-18 ml/min y el motor a una velocidad de aspersión de 24.750 rpm (García y Buenahora, 2021). Se evaluó el rendimiento e índice de solubilidad de agua (ISA) de los polvos obtenidos en el secado por aspersión por duplicado con cuatro tipos de soluciones acuosas de 600 mL (volumen calculado teniendo en cuenta la capacidad de procesamiento del equipo en determinado tiempo). Cada una de las pulverizaciones se llevó a cabo por alrededor de 30 min y se ajustó la cantidad de hidrolizado, agua desionizada, maltodextrina DE (dextrosa equivalente) 18,5 y fosfato tricálcico de manera que el %MS de la alimentación fuera de 20% p/p.

Para la primera pulverización el volumen contenía únicamente hidrolizado concentrado y agua desionizada con el propósito de confirmar la formación de un polvo fino sin aditivos. Para los 3 restantes, se agregaron 0,42g de fosfato tricálcico (Ballesteros *et al.*, 2019) y maltodextrina a tres niveles 0%, 7% y 10% en peso de los sólidos totales (García y Buenahora, 2021). Como variables de salida se consideraron: el porcentaje de materia seca (%MS), índice de solubilidad en agua, contenido de grasa, la cuantificación de hierro y cobre, cuantificación de proteína, el rendimiento del secado basado en el contenido de sólidos totales y la proyección del tamaño de partícula.

Cálculo de rendimiento de secado: Se definió como la relación entre la cantidad de sólidos obtenidos en el pulverizado y el material sólido en la sustancia de alimentación, definido por la ecuación 1 (Figueroa *et al.*, 2016).

$$EY(\%) = \frac{W_m}{W_o} \times 100 \quad (\text{Ec.1})$$

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

EY: Rendimiento de la operación basado en los sólidos totales, Wm: Peso total de pulverizado obtenido (g), Wo: Sólidos en la sustancia de alimentación (g).

Figura 3.

Equipo de secado por aspersión.



3.3. Fase 3: Revisión de potenciales aplicaciones.

Para determinar las potenciales aplicaciones de los pulverizados obtenidos en la Fase 2 se llevó a cabo una revisión bibliográfica acerca de la inclusión de hierro en alimentos para aumentar su ingesta. Para esto, se utilizaron herramientas de búsqueda como Scopus, Science Direct, Web of Science, entre otros.

Con el objetivo de identificar las oportunidades de los polvos resultantes dentro del mercado, se hizo el análisis de 4 de los sectores ampliamente estudiados y considerados para este proceso según la literatura (lácteos, cereales y sus derivados, zumos de frutas y productos cárnicos). A través de la matriz DOFA se presentaron los aspectos más relevantes de la investigación, precisando los factores internos y externos que impactan a cada sector. Al considerarse que la matriz DOFA no proporciona resultados concluyentes, su valor radica en la información brindada; que, al clasificarse, se puede utilizar como base en la toma de decisiones

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

bien argumentadas y complementadas por otros criterios de decisión (ANDA, 2023). Para valorar de forma cuantitativa la información recolectada, y así determinar el producto con mayor y menor potencial para ser fortificado con hierro, se realizó la Matriz de Perfil Competitivo (MPC) considerando 7 factores clave (Ponce, 2006), cuyo peso se ajustó acorde a su importancia y cantidad de información al respecto en cada sector; de manera que estuviera bien distribuido en aquellos que abarcan el mercado, el producto o al consumidor. Finalmente, se realizó un análisis del porqué de los resultados obtenidos en la MPC.

3.4. Métodos experimentales y análisis.

- Protocolos preparatorios

Hidrólisis enzimática: Se llevó a cabo con la enzima Alcalase 2,4L FG, a una temperatura de 53°C, pH aproximado de 8,34 y una concentración de enzima de 0,76% p/p durante 30 min (Monroy, 2013). Control de pH con NaOH 5N. Neutralización de la enzima utilizando HCl 4N (Ficha técnica Alcalase® Grado alimenticio, Novozymes, Anexo B).

Filtración con filtro prensa: Etapa previa a la clarificación con membranas con propósito de retirar los sólidos de mayor tamaño. La presión de operación fue de 4 bar, temperatura de 54°C y 3 telas tipo *Drill* como medio filtrante.

Filtración con membranas: Microfiltración con módulo de 8 membranas cerámicas de 1 m de largo. Se trabajó el volumen total de hidrolizados en 2 filtraciones: original y duplicado con 8 membranas de umbral de corte de 100 nm ambas filtraciones se realizaron a 53°C y 2 bar de presión transmembrana (Monroy, 2013). Se hace seguimiento de la permeabilidad tomando datos cada 15 min hasta finalizar la operación.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

- Técnicas de análisis

Tabla 1.*Técnicas y normas para análisis.*

Característica	Normatividad	Principio de funcionamiento
Humedad	Norma AOAC 950.46 B	Gravimetría
Contenido de cenizas	Norma GOMECH.01 V09 2019-04-01	Gravimetría
Contenido de hierro y cobre	Norma NTC-EN 14084:2021	Espectroscopía de absorción atómica asistida por digestión por microondas
Contenido de grasa	Norma GOMEGC.01 V06 2019-04-01	Gravimetría-Soxhlet
Contenido de sodio y calcio	Norma UNE-EN 15505:2008	Espectroscopía de absorción atómica asistida por digestión por microondas
Cuantificación de proteínas	Norma GOMEPL.01 V08 2019-04-01	Proteínas por titulación (Kjeldahl)
Índice de Solubilidad en Agua (ISA)		Según el protocolo de Antury y Cubillos (2016) (Gómez <i>et al.</i> , 1984)
Contenido de magnesio	Norma UNE-EN 15505:2008	Espectroscopía de absorción atómica asistida por digestión por microondas
Contenido de potasio	NTC-EN 13805: 2021 AOAC 985.35	Espectroscopía de absorción atómica asistida por digestión por microondas

4. Resultados y discusión**4.1. Obtención de los hidrolizados clarificados de sangre bovina.****4.1.1. Hidrólisis enzimática.**

Las etapas preliminares a la evaporación de película descendente iniciaron con la recolección de 43L de sangre cruda más citrato de sodio. Seguidamente, se llevó a cabo la hidrólisis de la sangre con Alcalase 2.4L FG de la siguiente forma: siete lotes de aproximadamente 6L cada

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

uno para mayor facilidad en el control de pH y disminución de la temperatura al finalizar el proceso. El porcentaje de grado de hidrólisis (%GH) alcanzado en promedio de las 7 hidrólisis fue de $11,42 \% \pm 0,797$. El volumen final de sangre hidrolizada obtenida fue 56L, consecuencia de la adición de aproximadamente 13 L de soluciones reguladoras de pH (NaOH 5N y HCl 4N).

Los análisis más relevantes de la materia prima y el producto obtenido de este proceso preliminar se presentan en la Tabla 2. Se observa un aumento de aproximadamente 175% en la cantidad de sodio consecuencia de la adición de NaOH durante la hidrólisis. La reducción más significativa se presenta en la cuantificación de hierro, en parte, ocasionada por la dilución del hidrolizado durante la etapa.

Tabla 2.

Caracterización de sales y otros compuestos de la sangre y el hidrolizado.

Componente	Unidades de concentración	Sangre de bovino	Hidrolizado de sangre
Sodio	mg/100g	256,90	707,72
Calcio	mg/100g	4,30	6,17
Potasio	mg/100g	37,45	28,44
Magnesio	mg/100g	1,64	1,64
Hierro	mg/100g	40,44	28,29
Cobre	mg/kg	<0,25	<0,25
Proteína	mg/100g	16,93	14,06

Una alternativa para aumentar el contenido de hierro del hidrolizado es aumentar el %GH hasta 16% para mayor fraccionamiento proteico (Adler-Nissen *et al.*, 1986, citado por Gómez *et al.*, 2013). El %GH no solo depende del tiempo de reacción, las condiciones fisicoquímicas tales como el pH y la temperatura son igualmente factores determinantes. Adicionalmente, la cantidad de base (NaOH) empleada es proporcional al %GH obtenido (Benítez *et al.*, 2008). Si se trabaja con grandes volúmenes de sangre y se aumenta el tiempo de reacción la adición de la base aumenta en la misma medida, por lo tanto, el problema de dilución seguirá presente. Otra opción consiste

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

en usar soluciones reguladoras de pH más concentradas, sin embargo, la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) informa que se deben manipular con mayor precaución. El contacto con su forma líquida, sólida y en polvos genera serias afectaciones a la salud si no se dispone del material de seguridad apropiado. De igual forma, su almacenamiento, transporte y desecho siguen protocolos para no generar daños al medio ambiente, equipos y personal de operación (Hoja de seguridad NaOH) (Hoja de seguridad de HCl).

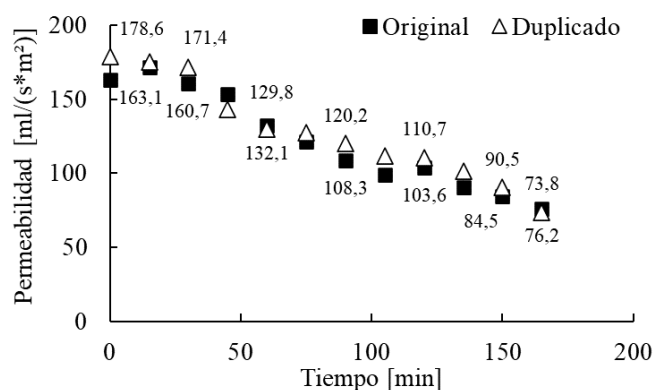
4.1.2. Clarificación con membranas.

El total del filtrado resultante del filtro prensa (46,7L) se repartió en 2 lotes (original y duplicado) para su paso por el módulo membranario. Se obtuvieron 15L y 16L de permeado, respectivamente. El retenido de ambas pruebas se juntó para su almacenamiento y registró un volumen total de 15L. Teniendo presente que el volumen inicial de sangre era 43L, considerado desecho de las plantas de sacrificio, en este punto los residuos han disminuido un 65,1%. Lo que reduce el impacto ambiental producto de la disposición inadecuada de la sangre.

La disminución de la permeabilidad conforme al tiempo de operación a causa del incremento de retenidos en los poros de las membranas puede revisarse en la Figura 4.

Figura 4.

Permeabilidad durante la etapa de clarificación en función del tiempo.



EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Las pruebas de permeabilidad de la clarificación de los 2 lotes (original y duplicado) inician en 163,1 [ml/(s*m²)] y 178,57 [ml/(s*m²)], respectivamente. Se observa que durante los primeros 30 min la permeabilidad mantiene los mismos valores ya que su porcentaje de reducción se calcula en 1,4% para el original y 3,9% para el duplicado. La pérdida de permeabilidad total se estima en 55,97% \pm 2,69, similar a lo obtenido por Acosta y Ríos (2013), donde presentan pérdida total de 53% antes de estabilizarse al cabo de 4 h. Esto debido a la formación de una capa filtrante causada por la alta concentración de partículas en suspensión (17.300 NTU), lo cual provoca la disminución del flux de permeado (Ortiz *et al.*, 2008). Este problema puede solucionarse aumentando el caudal de alimentación del sistema; lo que aumentaría la velocidad de arrastre sobre la superficie de la membrana (Najarian y Bellhouse, 1996).

Con el fin de evaluar el cambio en la concentración de los componentes del hidrolizado clarificado (permeado) y el retenido se realizó un análisis bromatológico, los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Caracterización de muestras finales de la etapa de clarificación con membranas.

Componente	Unidades de concentración	Hidrolizado clarificado	Hidrolizado retenido
Grasas	g/100g	1,09	1,41
Ceniza	g/100g	1,57	1,67
Proteína	g/100g	9,09	16,35
Hierro	mg/100g	1,40	73,59

El hidrolizado inicialmente contenía 28,29 mg/100g de hierro. Se puede observar que las membranas retienen una alta cantidad de este mineral, posiblemente porque sigue asociado a la hemoglobina (molécula de alto peso molecular, 64KDa) y al bajo porcentaje de hidrólisis inducido (11,42 % \pm 0,8). Esta situación podría mejorarse cambiando las membranas por otras con un mayor

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

umbral de corte sin afectar la calidad del permeado (Acevedo *et al.*, 2015). De la misma forma, el porcentaje de proteína es mayor en el retenido debido a la retención de proteínas no hidrolizadas, en especial de la hemoglobina, que es la proteína más abundante. Para las demás categorías (grasas y cenizas) no se observa una diferencia representativa entre la composición de retenidos y permeados.

En cada etapa se evidencia la disminución de los sólidos presentes en las muestras. La sangre presenta un contenido de materia seca (MS) de 18,9%. Durante la hidrólisis, las proteínas presentes en la sangre fueron degradados a péptidos y posteriormente fraccionados. El filtro prensa retuvo los sólidos de mayor tamaño y junto a la clarificación por membranas, generaron un producto con $10,13 \pm 2,68\%$ de MS. Esta disminución muestra la capacidad que tienen las membranas para retener sólidos (suspendidos y solubles) que no son deseados en el clarificado según lo asegura Acevedo *et al.*, 2015.

El comportamiento de la conductividad eléctrica no sigue una tendencia en específico. Durante la clarificación con membranas se mantuvo en un valor aproximado de $30.185 \pm 1.895,8$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ similar al del hidrolizado con 31.230 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos datos son congruentes con los reportados para el contenido de cenizas, en un inicio el hidrolizado reportó 2 g/100g de cenizas y el clarificado final $1,57$ g/100g; las cenizas están relacionadas con el contenido total de los minerales constituyentes (Márquez, 2014). Por el contrario, en la turbidez se notan cambios importantes entre el hidrolizado de sangre (17.300 NTU), el clarificado final ($5,41$ NTU) y el retenido (62.200 NTU), lo que muestra un porcentaje de reducción de la turbidez de $99,96\%$ para el clarificado y un porcentaje de incremento de 259% para el retenido. Esto se evidencia visualmente a través de cambios en el color, la transparencia y la consistencia de las muestras de materia prima y los clarificados.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Como se observa en la Tabla 3, el contenido de proteínas en el hidrolizado retenido es 1,8 veces mayor a lo obtenido en el clarificado, mientras el hierro asciende hasta casi 16 veces su valor. El alto contenido de hierro junto con la presencia de nutrientes como: Potasio, calcio y magnesio hace atractivo al hidrolizado retenido para su uso en abonos orgánicos (Guerrero, 2010). Según Palomino *et al.*, (2019) los residuos orgánicos pueden tratarse como fuente alternativa de nitrógeno (nutriente más limitante para la producción de cultivos orgánicos). Aun así, para recomendar su uso se debe identificar el aporte real de N en forma mineral. De igual manera, en la formulación de alimentos balanceados para animales ya que, entre los nutrientes indispensables para la alimentación animal se encuentran proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales los cuales pueden ser suplidos por el hidrolizado retenido. Para formular alimentos, es necesario conocer el requerimiento nutricional de la etapa o edad de la especie a la que se destinará (Chachapoya, 2014). De esta forma, se puede aprovechar un residuo del proceso y convertirlo en un subproducto con potencial aplicación.

Adicionalmente, la formación de espuma causada por la presencia de proteínas globulares como la albúmina (Gonzales *et al.*, 2010), fue un fenómeno recurrente durante el desarrollo de todas las etapas de pretratamiento; esta contaba con apariencia firme y grosor considerable. Los cambios en las características de la espuma proteica son causados por el pH del sistema y la adición de sales durante la etapa de hidrólisis (Noguera *et al.*, 2018). Su presencia generó problemas para medir los volúmenes de forma precisa al igual que la toma de muestras y su manipulación durante el almacenamiento. Una opción para evitar esta situación es la adición de aceite vegetal (García *et al.*, 2020) o un antiespumante basado en emulsiones de silicona de tipo polidimetilsiloxano. En el mercado se encuentran disponibles las emulsiones antiespumantes XIAMETER™ AFE-1520 y

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

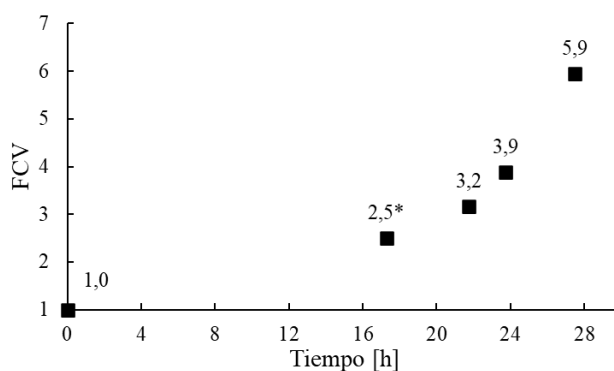
EMULTROL DFM OLV-55 FG que son aptas para el procesado de productos lácteos, bebidas, frutas, hortalizas, sopas y derivados cárnicos, entre otros

4.2. Caracterización de la evaporación de película descendente al vacío.

Se hizo seguimiento a las características fisicoquímicas y bromatológicas de los hidrolizados clarificados concentrados a medida que aumentaba el FCV hasta alcanzar el valor esperado entre 4 y 6 según estudios similares (Muvdi-Nova *et al.*, 2021). En la Figura 5 se presenta la evolución del FCV respecto al tiempo de operación. Es importante aclarar que el valor FCV de 2,5 se obtiene de un cálculo por balance de masa resultado de mezclar los lotes 1 y 2.

Figura 5.

Comportamiento del factor de concentración volumétrica (FCV) en el tiempo.



**En este punto se unieron los lotes 1 y 2, y el valor del FCV fue calculado a partir del balance.*

Con base en la Figura 5 se observa que el factor de concentración sigue una tendencia exponencial respecto al tiempo. A medida que se concentra la solución, se reduce la cantidad de agua a retirar y, con ello, el tiempo para elevar el FCV.

Por otra parte, en la Tabla 4 se presentan los resultados de los análisis de pH, ° brix, turbidez y conductividad eléctrica, según el factor de concentración volumétrica alcanzado. Finalizado el procesamiento se obtuvieron 5.260 mL de hidrolizado concentrado con 54,57 %MS. Se disminuyó

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

el contenido de humedad del hidrolizado clarificado inicial (FCV=1) en un 49,2%, lo que genera una reducción en los volúmenes de almacenamiento y los posibles costos de manejo y transporte, que son aspectos de interés en procesos a escala industrial (Vera *et al.*, 2009).

Tabla 4.

Caracterización fisicoquímica de muestras de hidrolizados clarificados en función del FCV.

Prueba	FCV total	%MS	°Brix	Conductividad [μS/cm]	Turbidez [NTU]
Inicial	1,00	10,49	17,0	31.475	5,41
Lote 1 [Ciclo 1]	2,66	27,96	32,5	85.000	1.540
Lote 2 [Ciclo 1]	1,49	29,53	33,5	95.400	961
Lote 2 [Ciclo 2]	2,45	32,58	37,5	99.800	1.760
Lote 1+2 [Ciclo 1]	3,16	38,64	44,0	113.700	6.060
Lote 1+2 [Ciclo 2]	3,88	39,93	50,0	131.500	6.650
Lote 1+2 [Ciclo 3]	5,94	54,47	59,0	172.500	18.700

El pH de cada prueba en esta etapa se mantuvo alrededor de 6,2 ya que no se añadió ninguna sustancia que lo modificara. El análisis de °Brix muestra que los hidrolizados clarificados (FCV=1) tienen un valor de 17, mientras el concentrado (FCV=5,9) finaliza con 59 °Bx. Estos resultados son esperados debido a la eliminación de agua en forma de vapor, y evidencian el aumento en la cantidad de sólidos solubles totales presentes en el concentrado.

La conductividad inicial antes de la etapa de concentración se establece en 31.475 μS/cm y finaliza en 172.500 μS/cm. Su comportamiento es cercano a lo esperado con la evolución del factor de concentración. Estos valores están directamente relacionados con el contenido de sales, hierro y cobre presentes en el concentrado. A mayor conductividad eléctrica, mayor la salinidad

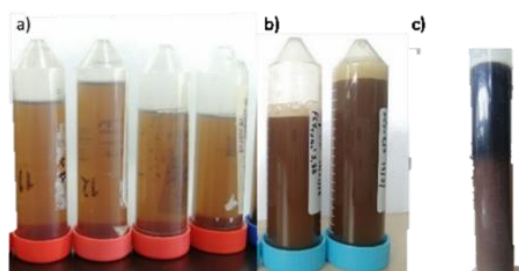
EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

presente (Orrego, 2003). La turbidez para un FCV de 1 se registra en 5,41 NTU y finaliza en 18.700 NTU para un FCV de 5,9, lo que indica un aumento en la cantidad de sólidos suspendidos (lípidos, sales, metales) presentes en los concentrados; que también se aprecia visualmente en las muestras tomadas, (Figuras 6.a y 6.b). Otro factor influyente es la temperatura a la cual se llevó a cabo la etapa. Bonilla (2021) expone los factores que afectan la turbidez proteica en vinos, y menciona que, al incrementar la temperatura hasta 80°C, aumenta el nivel de turbidez consecuencia de la desnaturalización proteica y su posterior precipitación. Además, el tiempo de enfriamiento es un factor clave para la formación de la turbidez. Los concentrados se mantuvieron en congelación durante su almacenamiento y cuanto mayor sea el tiempo de enfriamiento, mayor será la turbidez formada (McRae *et al.*, 2018) (Bonilla, 2021).

A continuación, se muestra la apariencia que tenía el clarificado antes y después de someterse a la etapa de concentración, donde se evidencia el cambio en la intensidad de la tonalidad marrón, aumentando para cada ciclo. De igual forma, se evidencia la formación de dos fases cuando el concentrado se deja en reposo (Figura 6.c), consecuencia de la precipitación de sólidos.

Figura 6.

(a) Hidrolizados de sangre bovina clarificados con membranas de 100 nm. (b) Hidrolizados de sangre bovina clarificados y concentrados por evaporación de película descendente al vacío. (c) Apariencia del hidrolizado concentrado al estar en reposo.



EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Se analizaron tres (3) muestras de clarificado concentrado con distintos factores de concentración para conocer su contenido de sales, hierro, cobre, cenizas, proteínas y grasas. Los resultados se describen en la Tabla 5.

Tabla 5.

Análisis bromatológico de los hidrolizados concentrados.

Componente	Unidades de concentración	Hidrolizado inicial FCV=1	Hidrolizado concentrado FCV=3,16	Hidrolizado concentrado FCV=5,94
Sodio	mg/100g	551,88	1.823,91	2.606,73
Calcio	mg/100g	4,94	17,04	22,90
Potasio	mg/100g	22,35	80,74	115,78
Magnesio	mg/100g	1,11	3,62	4,89
Hierro	mg/100g	1,40	3,45	4,79
Cobre	mg/100g	< 0,25	1,34	1,82
Cenizas	g/100g	1,57	5,19	7,26
Grasas	g/100g	1,09	-	1,09
Proteínas	g/100g	9,09	-	-

Los resultados refuerzan la discusión previa de lo obtenido en la Tabla 4. El contenido de sales fue aumentando conforme al aumento del factor de concentración, representando la mayor cantidad de sólidos disueltos y en suspensión. Por el ejemplo, el sodio incrementó en un 372% para el FCV=5,9. De la misma manera, se acrecentó el contenido de cobre y cenizas. La cantidad de grasas no se vio afectada en esta etapa. La concentración de hierro por su parte incrementó cerca de 242% respecto al clarificado FCV=1, menos de lo esperado al haber alcanzado un FCV próximo a 6.

No se siguió concentrando debido a una espuma estable que dificultó la eliminación de agua del hidrolizado clarificado. Este fenómeno también fue experimentado por Muvdi-Nova *et al.* (2021) donde manejaron lactosuero clarificado de leche bovina. Como se mencionó anteriormente, Noguera *et al.* (2018) atribuyen este fenómeno a las proteínas del sistema; estas poseen buena capacidad espumante que con el aumento de la temperatura se ubican en la interfase

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

y disminuyen la tensión superficial. Adicionalmente, un calentamiento drástico disminuye la capacidad de espumado por desnaturalización excesiva lo cual explica la diferencia en las propiedades estructurales de la espuma entre las etapas preliminares y el concentrado (Noguera *et al.*, 2018).

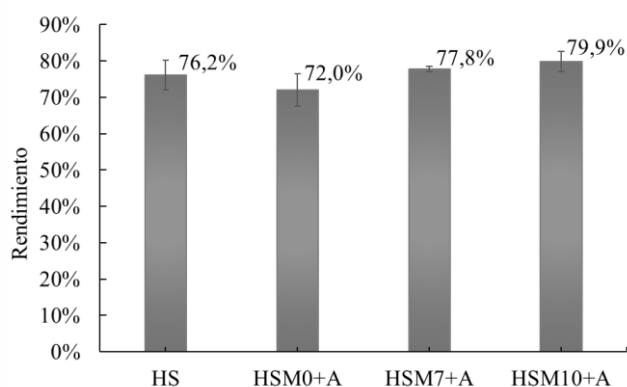
La implementación de un antiespumante en las etapas previas resolvería los problemas técnicos generados a partir de la desnaturalización de las proteínas que afecta el rendimiento de la concentración de película descendente. De esta forma, se puede plantear alcanzar un mayor FCV en un menor tiempo.

4.3. Evaluación del secado por aspersion.

Se realizaron pruebas a distintos niveles de maltodextrina (MD) (0%, 7%, 10%) y en ausencia de aditivos. Los rendimientos de secado basados en el contenido de sólidos totales obtenidos en las pruebas se observan en la Figura 7.

Figura 7.

Rendimientos de la operación de secado en presencia y no de MD y fosfato tricálcico (Anticompactante).



HS = (20% Hidrolizado), HSM0+A = (20% Hidrolizado: 0% MD + Anticompactante), HSM7+A = (13% Hidrolizado: 7% MD + Anticompactante), HSM10+A = (10% Hidrolizado: 10% MD + Anticompactante).

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

El rendimiento estuvo por encima del 67% para todas las pulverizaciones; más alto de lo reportado por García y Buenahora (2021) en la pulverización de extractos de polifenoles, donde usando MD al 10-30% p/p se obtuvieron rendimientos alrededor del 40%. Como se aprecia en la Figura 7, con la adición de un 10% de MD en la alimentación se obtuvo un mejor rendimiento de operación que con la ausencia de MD. Esta experiencia corrobora los resultados obtenidos por Quek *et al.*, (2007) donde investigaron el efecto de las concentraciones de MD (0, 3% y 5%) en las propiedades del zumo de sandía en polvo. Es decir, la adición de MD sirvió como auxiliar de secado en el proceso de atomización y como resultado al aumentar su concentración se mejoró el rendimiento de operación (Martínez, 2015).

La concentración del agente encapsulante también influye a las propiedades del polvo. Con un bajo o nulo contenido de MD se puede obtener el polvo más pegajoso (Quek *et al.*, 2007). De acuerdo con eso, con una concentración de MD 0% se generaron partículas muy pegajosas, las cuales se depositaban principalmente en la pared de la cámara de secado y del ciclón, por lo que no podían recuperarse.

La adición de 0,42g de anticompactante incrementó la dificultad de operación lo cual se ve reflejado en el rendimiento del proceso. Los compuestos empleados para obtener una mezcla con un buen contenido de sólidos solubles y baja viscosidad deben tener atributos que proporcionen estabilidad a la solución, de manera que su tamaño de partícula no altere las propiedades de flujo y a su vez aumenten los °Brix (López *et al.*, 2009). A causa de la baja dilución de los gramos del fosfato en el agua, la cantidad de sólidos que precipitaban en el flujo de alimentación causaron problemas en el manejo de la válvula e inestabilidad del sistema. Otra dificultad técnica se presentó durante la prueba HSM0+A, donde la temperatura de entrada del aire seco se registró en 118 °C, consecuencia de las condiciones ambientales del día de operación (día lluvioso con bajas

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

temperaturas) lo cual provocó la adhesión de los polvos a la superficie del equipo. Tonon *et al.* (2008) estudiaron el efecto de la temperatura (140, 170, 200 °C) sobre la densidad a granel de pulverizados de açaí, y explican que una disminución en los valores de entrada genera un aumento en la densidad a granel, lo que afecta la naturaleza pegajosa del producto. Razones por las que se cree fue una de las variables que afectaron el rendimiento.

La Tabla 6 agrupa los datos del porcentaje de humedad e índice de solubilidad en agua (ISA) de los pulverizados obtenidos en las 4 pruebas formuladas (original y duplicado).

Tabla 6.

Contenido de humedad y solubilidad en agua de los pulverizados obtenidos por secado por aspersión.

Prueba	Contenido de MD [%p/p sólidos]	Humedad [%]	ISA [%]
HS	0	4,12±0,246	93,08±2,036
HSM0+A	0	4,81±0,077	94,39±0,045
HSM7+A	7	4,88±0,479	93,59±0,014
HSM10+A	10	4,90±1,028	92,87±1,299

Industrialmente, la solubilidad es un criterio confiable para evaluar el comportamiento y la calidad de un polvo en una solución acuosa (O'Shea *et al.*, 2012, citado por Serna *et al.*, 2015). La solubilidad en agua de los polvos obtenidos se encuentra entre 90 y 95%. Un bajo contenido de humedad y un alto ISA son generalmente características de un buen material en polvo (Bhusari *et al.*, 2014) (Sapper, 2015).

Por otro lado, como se observa en la Tabla 6 la solubilidad en agua disminuyó a medida que aumentaba la humedad acorde a lo descrito por Phisut (2012), quien encontró que las variables más influyentes en el contenido de humedad son los aditivos (Agente encapsulante y anticompactante), la alimentación del aire de secado y el caudal de entrada de la solución.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

El fosfato tricálcico posee máximo 1% de humedad por lo que su incorporación parece no influir en este aspecto del pulverizado. Por el contrario, al aumentar el porcentaje de MD DE 18,5 se eleva la humedad del producto deshidratado, esto ocurre porque con altos niveles de dextrosa existe mayor número de ramificaciones con grupos hidrófilos en su estructura química (Martínez, 2015).

La alimentación del aire de secado condicionó la cantidad de agua presente en los pulverizados. Para calcular el caudal es necesario saber la velocidad de paso del aire y la sección de circulación (Ulloa, 2009). A pesar de que el nivel del ventilador de alimentación se mantuvo constante, la velocidad del aire presentó ligeras variaciones cuando se midió con el anemómetro. Según lo anterior, un aumento de la velocidad del aire genera un aumento en el caudal y viceversa. Los valores extremos de velocidad se registraron entre $2,16 \pm 0,2$ y $2,36 \pm 0,3$ m/s presentando el mayor valor para la prueba HSM10+A y a su vez mayor contenido de humedad. En estudios similares, se determinó que el contenido de humedad del polvo de tomate aumentó con el incremento del caudal del aire de secado (Goula y Adamopoulos, 2005). De forma contraria, un menor caudal de aire provoca un aumento del tiempo de permanencia del producto en la cámara lo que conduce a un mayor grado de eliminación de agua (Goula y Adamopoulos, 2004) (Oakley y Bahu, 2000) (Masters, 1979 citado por Phisut, 2012).

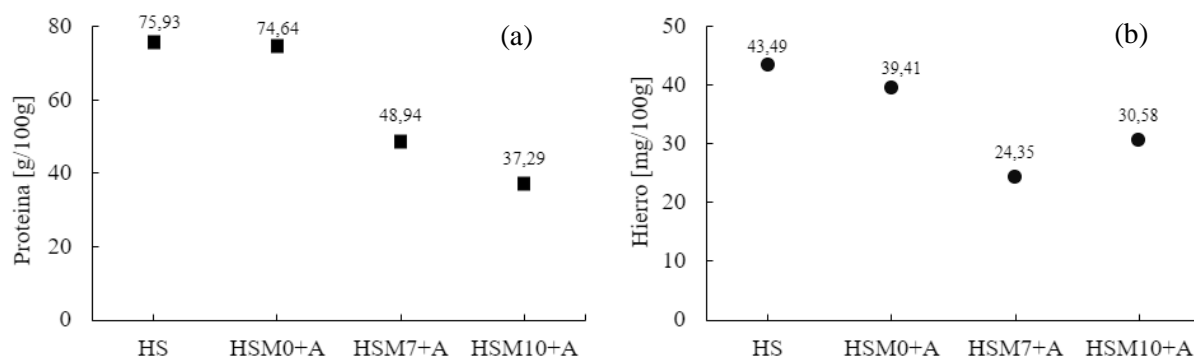
La dificultad para regular el caudal de alimentación se vio reflejada en el tiempo de operación de cada prueba, lo que afectó negativamente el contenido de humedad de las muestras. Las pruebas con MD al 10% duraron 27 min y presentaron el mayor contenido de humedad. Tonon *et al.* (2008) explican que mayores caudales implican un menor tiempo de contacto entre el alimento y el aire de secado generando que la transferencia de calor sea menos eficiente, lo que provoca una menor evaporación del agua.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Con fines de conocer las características fisicoquímicas del producto se escogió un lote de los pulverizados para su análisis. En la Figura 8 se muestra el contenido de proteínas y hierro presentes en los hidrolizados concentrados pulverizados.

Figura 8.

Composición de los pulverizados del hidrolizado clarificado concentrado sin aditivos y a tres niveles de MD con anticompactante. (a) Porcentaje de proteína. (b) Cantidad de hierro.



HS = (20% Hidrolizado), HSM0+A = (20% Hidrolizado: 0% MD + Anticompactante), HSM7+A = (13% Hidrolizado: 7% MD + Anticompactante), HSM10+A = (10% Hidrolizado: 10% MD + Anticompactante).

Como es posible observar en la Figura 8 (a) el porcentaje de proteína contenida en los polvos disminuyó en un 36% y 51%, al adicionar MD al 7% y 10% p/p de sólidos, respectivamente; esto a consecuencia de que para conservar un porcentaje de materia seca del 20% en la solución, se usó en menor volumen el hidrolizado concentrado obtenido en la etapa previa.

De la misma forma, se evidencia que en la muestra HSM10+A las proteínas se redujeron cerca de un 12% al aumentar la concentración del agente encapsulante en 3 puntos porcentuales. Aun así, 37,29 g/100g puede considerarse un alto aporte basado en que el requerimiento diario de estas moléculas según la OMS está entre 0,8 y 1 g/kg del peso corporal.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Por su parte los dos pulverizados con 0% de MD, indican valores similares ya que el bajo contenido de anticompactante no influyó en que se redujera en gran medida la cantidad de concentrado en el producto. A pesar de no comportarse de manera proporcional, es clara la tendencia negativa en el contenido proteico al integrar este tipo de aditivos en el proceso de secado por aspersión.

Contrario a lo observado en el análisis de proteína, la concentración de hierro en HSM0+A cambia considerablemente respecto a la prueba sin fosfato (HS) donde deberían presentarse valores similares debido a la baja cantidad de anticompactante agregado. Por otro lado, si se tiene en cuenta lo proyectado en los balances (Anexo C), la muestra HSD10+A debería tener la menor cantidad de hierro (5 mg/100g) ya que tiene la menor proporción de clarificado concentrado-MD. Los resultados difieren notoriamente de lo obtenido teóricamente ya que se esperaba un valor máximo de 10-11 mg/100g y todas las muestras, a pesar de sus concentraciones, arrojan valores más elevados. La norma UNE-EN 13804:2013 menciona que es posible la contaminación de hierro en los polvos resultantes cuando se trabaja con equipos y elementos metálicos (acero inoxidable). Acorde a lo anterior, se destaca que los equipos usados durante la fase 1 y 2 están contruidos en acero inoxidable y aleaciones de hierro por lo que existe la posibilidad de que las pruebas se contaminaran a lo largo del proyecto y esta sea la razón por la que existe una diferencia tan importante entre lo experimental y lo teórico.

El tamaño de partícula de los pulverizados obtenidos usando como agente encapsulante MD podría estimarse entre 6 y 30 μm (Adame *et al.*, 2015). En el estudio realizado por Caez y Jaraba (2012), sobre la microencapsulación del jugo de mango para la obtención de un concentrado con la utilización de MD, se observó que para la temperatura de entrada de aire a 120°C se tenía un tamaño de partícula promedio de 7,05 μm , y a 140°C un tamaño de partícula de 18,04 μm .

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Durante las pulverizaciones de los hidrolizados concentrados, la temperatura del aire de entrada se mantuvo entre 128 °C y 130°C, por lo que podría esperarse un tamaño de partícula dentro del rango de 7-18µm.

Otros autores explican que el diámetro medio de la partícula aumenta debido al incremento en la concentración de sólidos (Shishir *et al.*, 2015). Este factor se mantuvo constante en un 20% de la alimentación de todas las pruebas. Al igual, el diámetro se ve afectado por las propiedades de la mezcla a secar y las condiciones de operación como el flujo de alimentación, la velocidad de atomización, el caudal y la temperatura del aire de entrada (Chong *et al.*, 2014, citado por García y Buenahora, 2021). Exceptuando la velocidad de atomización, constante en 300 Hz, los demás aspectos tuvieron pequeñas variaciones a lo largo de la etapa.

En la literatura se reportan trabajos que demuestran que la solubilidad de un polvo está directamente relacionada con su microestructura (Cano-Chauca *et al.*, 2005) (Sapper, 2015). Serna *et al.* (2015) afirman que, a menor tamaño de partícula, mayor es el porcentaje de solubilidad. Por lo tanto, se puede asumir que los pulverizados HS y HSM0+A tendrían un menor tamaño de partícula respecto a los pulverizados que contienen MD.

4.4. Revisión de potenciales aplicaciones.

Como principales vehículos de fortificación de distintos nutrientes esenciales se encuentran: la sal, las harinas de cereales (trigo, maíz y avena), el azúcar, el arroz, leche y sus derivados, y los condimentos; algunos de ellos utilizados en programas de fortificación obligatoria (Ramírez y Rodríguez, 2011). En Colombia, las principales matrices utilizadas son los cereales para el desayuno, las pastas, y las bebidas, mientras que los nutrientes más adicionados son las vitaminas A, C y B1, y los minerales hierro, zinc y calcio (Serpa *et al.*, 2016).

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Las Figuras 9 y 10 presentan los análisis DOFA obtenidos para los sectores de cereales y zumos de fruta, respectivamente, que según los resultados llaman más la atención para la fortificación de hierro. Estos análisis DOFA presentan un número importante de fortalezas y oportunidades. Cabe resaltar que también se hicieron análisis DOFA para los sectores de productos lácteos y embutidos pero sus resultados muestran un menor atractivo para la fortificación con hierro; si desea revisarlos en detalle estos se encuentran en el Anexo D. Sin embargo, es importante considerar que este tipo de análisis está supeditado a la subjetividad de quien lo realiza (ANDA, 2023).

Figura 9.*Análisis DOFA para cereales y productos derivados.*

DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	El alto contenido de ácido fítico posee un efecto inhibitorio de la absorción de hierro y zinc, disminuyendo así su biodisponibilidad	1	Las iniciativas de enriquecimiento de los alimentos estiman que el enriquecimiento puede aumentar significativamente el precio del producto. Por ejemplo, se ha informado de un aumento del 0,16% y del 1,5%-3% por 1 kg de harina de cereales y 10 kg de arroz, respectivamente (con respecto a los precios al por menor actuales)
2	El hierro es propenso a la oxidación y la degradación en presencia de la humedad y la temperatura, lo que puede afectar la estabilidad y disminuir la vida útil del producto.	2	La economía de los países en desarrollo limita la producción y consumo de alimentos funcionales.
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	A partir del horneado como proceso de producción, se nota una mejora en el contenido de hierro y otros nutrientes con los que fue enriquecido el producto previamente.	1	En Colombia a la harina de trigo usada para la fabricación de estos productos se le realiza fortificación obligatoria de hierro y vitaminas según el decreto 1944 de 1996.
2	Los productos de pastelería, panadería, galletas y pastas alimenticias son alimentos básicos en la dieta colombiana, por lo tanto, la harina de trigo con que se fabrican es un vehículo de fortificación con hierro.	2	Existe una tendencia creciente hacia una alimentación más saludable y consciente, lo que ha generado una mayor demanda de productos de panadería enriquecidos con nutrientes beneficiosos, como el hierro. (OMS)
3	La tecnología para enriquecer productos de panadería con hierro está disponible y es relativamente sencilla de implementar	3	Los productos fortificados (galletas y pan) pueden ser incluidas en el plan de alimentación escolar para elevar la ingesta de la población menor de edad que tienden a ser los que presentan mayor deficiencia de hierro
4	Las propiedades sensoriales no se ven afectadas por la adición de hierro	4	Una estrategia efectiva de marketing y comunicación puede ayudar a educar a los consumidores sobre los beneficios del enriquecimiento de hierro en productos de panadería y a generar conciencia sobre la importancia de una dieta equilibrada.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Figura 10.*Análisis DOFA para zumos de frutas preparados.*

DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	El producto no se recomienda para la ingesta diaria pues puede provocar dolor abdominal y diarrea, ya que su composición en hidratos de carbono puede dar lugar a una mala absorción de azúcares.	1	La situación económica de algunas poblaciones conlleva a preferir la fortificación de bebidas más sencillas como el agua.
2	Los compuestos de hierro de elevada solubilidad como el sulfato y el gluconato ferrosos aportan un hierro de alta biodisponibilidad, pero éstos tienen la desventaja de permitir que el hierro libre iónico interactúe con los componentes del alimento, produciendo cambios en las propiedades sensoriales del mismo.	2	La población puede mostrarse poco receptiva a la adición de fortificantes que altere un producto orgánico que es comúnmente preparado de manera artesanal en casa.
3	El medio ácido de los jugos restringe el compuesto fortificante a utilizar.	3	La adición de hierro a los jugos puede aumentar su costo de producción y precio de venta, lo que puede afectar su competitividad en el mercado.
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	El grado de aceptación de estos zumos de fruta es elevado debido a que la adición de hierro no altera en gran medida el sabor u otras características organolépticas.	1	El consumo del zumo de frutas fortificado puede tener efectos cardiovasculares beneficiosos para mujeres jóvenes.
2	La alta concentración de polifenoles no afecta a la absorción de Fe mientras que los cereales y las legumbres de consumo habitual pueden presentar inhibición	2	Los niños en edad preescolar y escolar prefieren consumir bebidas refrescantes y atractivas visualmente
3	Las frutas usadas para su elaboración tienen un alto contenido de minerales y vitaminas como el hierro y la vitamina C. Lo que reduce la cantidad de hierro que debe agregarse y aumenta la absorción de este micronutriente.	3	Este tipo de desarrollos permiten aprovechar los excedentes de cosecha generados en el territorio nacional, obteniendo productos que cumplen con la normativa vigente y de alta aceptación sensorial, derivada de los aromas y sabores característicos de estas frutas.
4	Su forma de ingesta oral es asequible, cómoda y no está condicionada por factores externos.		
5	La ingesta de este tipo de bebidas ha mostrado mejoras en el almacenamiento de hierro, el estado de yodo, el rendimiento cognitivo y la forma física.		

Mediante la Matriz de Perfil Competitivo (MPC) (Tabla 7) se asignó una ponderación y las calificaciones que permitieron determinar de forma cuantitativa el sector cuyos productos tienen un mayor potencial para la fortificación con hierro. Como se observa en la tabla, los productos lácteos y jugos de frutas obtuvieron la misma calificación total, pero distinto peso ponderado. Esta diferencia radica en 4 de los factores considerados: Importancia y aceptación en la dieta, cambios en propiedades sensoriales, tamaño de mercado y accesibilidad.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Tabla 7.*Matriz de perfil competitivo.*

Factores	Peso	Lácteos		Cereales y derivados		Jugos de fruta (Preparado)		Cárnicos (Embutidos)	
		C	P. P	C	P. P	C	P. P	C*	P. P*
Vida útil y estabilidad del producto	0,15	2	0,3	2	0,3	2	0,3	3	0,45
Competencia en precio	0,10	1	0,1	3	0,3	1	0,1	2	0,2
Importancia y aceptación en la dieta	0,20	3	0,6	4	0,8	2	0,4	2	0,4
Cambios en propiedades sensoriales	0,20	2	0,4	4	0,8	3	0,6	2	0,4
Tamaño de mercado	0,05	4	0,2	4	0,2	3	0,15	3	0,15
Valor nutricional	0,20	3	0,6	2	0,4	3	0,6	2	0,4
Accesibilidad	0,10	2	0,2	4	0,4	3	0,3	2	0,2
Total	1,00	17	2,40	23	3,20	17	2,45	16	2,20

*C: Calificación (1: debilidad, 2: menor debilidad, 3: menor fuerza, 4: mayor fuerza) / *P. P: Peso

ponderado

La leche es ampliamente consumida en muchos países por personas de distintas edades, especialmente los niños, considerados un grupo de riesgo frente a la carencia de hierro. Las fórmulas infantiles en polvo son básicamente leche modificada y adicionada con distintos nutrientes (Boccio y Bressan, 2004). Las leches chocolatadas también resultan un atractivo vehículo de fortificación al disminuir los posibles cambios en el color y sabor producto de la oxidación del hierro, y a su vez, son muy apetecidas por los niños y jóvenes (Arias *et al.*, 2018). A pesar de esto, el precio de productos como el queso o yogur enriquecido con hierro es elevado,

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

dificultando su consumo para las poblaciones vulnerables que son los más sensibles a la carencia de hierro.

Los jugos de frutas como la naranja, fresa, mora o maracuyá, debido a su alto contenido de vitaminas y minerales, en especial la vitamina C aumenta la absorción de hierro por parte del organismo y contrarresta de manera efectiva los posibles cambios en las características sensoriales al adicionar este nutriente. De la misma forma permite el aprovechamiento de muchos de los frutos que se dan en distintas zonas del país (Serpa *et al.*, 2016). Las frutas poseen un alto contenido de hierro de forma natural, por lo que la cantidad extra a agregar será mínima facilitando la fortificación. Este producto puede ser consumido desde la edad preescolar y a su vez beneficia hombres y mujeres jóvenes. Con un peso ponderado de 2,45 es la segunda aplicación con más potencial.

Por otra parte, los cereales con sus derivados y lo embutidos cárnicos obtuvieron el mejor y peor peso ponderado, respectivamente. Numéricamente, la diferencia es de una unidad (1,0). Adicionalmente, los cereales y sus harinas son el vehículo más utilizado para la fortificación (Taylor *et al.*, 2012) y, por lo tanto, presenta una gran cantidad de estudios (Siddharth, 2022). En nuestro país el consumo de cereales es esencial en la dieta, por lo que las salchichas, el salchichón, el chorizo, entre otros, al tener un precio un poco más elevado que las harinas, galletas y otros productos de panadería, no son prioridad. En cuanto a los nutrientes los embutidos aportan proteínas de alto valor biológico, péptidos y aminoácidos, por lo que deben formar parte de una alimentación balanceada en mayores de 2 años, pero actualmente son objeto de debate con respecto a su consumo por tener altos valores de grasas y conservantes en su producción, especialmente los nitritos relacionados al cáncer (León, 2021).

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Los cambios sensoriales en las harinas de cereales son imperceptibles comparados con lo que puede ocurrir cuando se les adiciona hierro a los embutidos, por esta razón varios países, incluido Colombia, implementaron la fortificación con hierro en la harina de trigo de forma obligatoria al igual que los productos fabricados a partir de ella (Ministerio de Salud, 1996) (Ospina, 2013) (León, 2017). De manera que productos de panadería, galletería, entre otros, se incluyen en planes de alimentación para poblaciones con deficiencia de este nutriente (Sera Scandia, s.f.) (Preciado y Cristancho, 2021).

El análisis anterior está directamente relacionado con la cantidad de información disponible en los estudios realizados para cada posible vehículo de fortificación. Cabe resaltar que además de los productos ya mencionados en los DOFA, los condimentos como el curry y la salsa de soja son ampliamente utilizados (Yaxing *et al.*, 2022), especialmente en países donde su consumo es habitual como India y China (OMS y FAO, 2017). Se espera que los vehículos usados no produzcan cambios en hábitos alimentarios de la población y se consuman regularmente (Detzel & Wieser, 2015). Por esta razón, para Colombia no se tuvo en cuenta este tipo de alimentos para la fortificación con hierro.

5. Conclusiones.

Este trabajo permitió evaluar las etapas de evaporación de película descendente en vacío y secado por aspersión para la valorización de los residuos de sangre bovina que actualmente cuenta con pocas investigaciones reportadas.

Se caracterizó la etapa de evaporación de película descendente al vacío de hidrolizados clarificados de sangre bovina. El FCV tuvo un comportamiento exponencial respecto al tiempo de operación. Después de 7 ciclos de procesamiento el producto final alcanzó un FCV de 5,9 con un 54,5% de MS y turbidez de 18.700 NTU. El contenido de hierro se logró incrementar hasta un 242% (4,79 mg/100g). De la misma forma, aumentó la cantidad de sales donde el sodio destacó con 2.606,73 mg/100g.

Se evaluó la etapa de secado por aspersión de las mezclas de hidrolizados concentrados de sangre bovina y se lograron obtener pulverizados con y sin agente encapsulante y anticompactante. Para los productos se reportaron valores de proteínas y hierro de hasta 76g/100g y 44mg/100g, respectivamente, las grasas fueron menores a 0,18g/100g. En general, el rendimiento fue alto a comparación de otros estudios que también utilizaron MD (valores superiores al 50%). La humedad y índice de solubilidad en agua de los polvos tuvieron pequeños cambios a causa del uso de los aditivos.

Se analizó de forma cualitativa y cuantitativa cuatro sectores alimentarios con potencial aplicación del producto obtenido para su uso como fortificantes de hierro. Los vehículos más atractivos para su aplicación son los cereales y derivados, gracias a la frecuencia de consumo y mínimos cambios en las propiedades sensoriales al integrar este micronutriente.

6. Recomendaciones

Con la finalidad de alcanzar un FCV más alto y optimizar el tiempo de operación durante las etapas de clarificación y concentración se recomienda el uso de sustancias antiespumantes basadas en emulsiones de silicona aptas para procesos con alimentos como EMULTROL DFM OLV-55 FG.

Se recomienda realizar estudios orientados hacia el análisis fisicoquímico y el potencial de aplicación del hidrolizado retenido durante el proceso membranario, debido al alto contenido de proteínas y hierro que se reportó en este trabajo.

En vista al alto contenido de sales presentes en el clarificado y el concentrado, es necesario la inclusión de una etapa de desalado antes de su ingreso como alimentación al secado por aspersión. Este proceso se recomienda para evitar el exceso de consumo de sal que resulta perjudicial para la salud.

Los niveles de hierro reportados en los pulverizados pudieron verse afectados por una posible contaminación proveniente del uso de equipos de acero inoxidable. Se recomienda realizar pruebas de menor duración o utilizar equipos forjados en otra aleación. Es importante analizar a futuro la cantidad de hierro hemo y diferenciarla del hierro no hemo adquirido en las etapas de operación.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, M., Parra, C. O. & Muvdi, C. J. (2015). Estudio del proceso de clarificación de hidrolizados de almidón de yuca utilizando membranas cerámicas. *Vitae*, 22(2), 121-129. Recuperado de: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n2a06>
- Acosta, J. S & Ríos, S. N. (2013). Aplicación de las técnicas con membranas de microfiltración y ultrafiltración para la clarificación y fraccionamiento de sangre de bovino cruda e hidrolizada. Escuela de Ingeniería Química. [Trabajo de grado profesional]. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Adame, R. S., Medina-Torres, L., Gallegos-Infante, J. A., Calderas, F., González-Laredo R. F., Rocha-Guzmán N. E., Ochoa-Martínez, L. A. & Bernad-Bernad, M. J. (2015). Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (*Cinnamomum zeylanicum*) with maltodextrin, *LWT – Food Science and Technology*, 64: (2), pp 571-577, ISSN 0023-6438.
- Adler-Nissen, J. (1986). Enzymatic hydrolysis of food proteins. London and New York: *Elsevier Applied Science Publishers*.
- ANANDA “Asociación nacional de avisadores de Chile”. (7 de marzo de 2023). Análisis FODA: ¿Qué es y para qué sirve? Recuperado de: <https://www.anda.cl/analisis-foda-que-es-y-para-que-sirve/>
- Arias, L., Ospino, K. S. & Zapata, J.E. (2018). Elaboración de Leche Saborizada Fortificada con Hierro Hémico Proveniente de Hidrolizados de Hemoglobina Bovina. *Información tecnológica*, 29(4), 65-74. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400065>

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Bah, S. F., Bekhit, A. A., Carne, A. & McConnell, M. A. (2013). Slaughterhouse blood: An emerging source of bioactive compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 314–331.

Ballesteros, Muvdi, C. J. & Bohórquez, C. A. (2019). Estudio de la obtención de formulados pulverizados a partir de extractos de pulpa de café como nueva estrategia de valorización de este subproducto. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Química.

Barragán, P. J. (2013). Estudio del plasma sanguíneo bovino para fermentación sumergida y sistemas alimentarios, Manizales: Universidad de Caldas.

Benítez, R., Ibarz, A. & Pagan, J. (2008). Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 42(2), 227-236. Recuperado de: [47andom-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/535/53542208.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/535/53542208.pdf)

Bhusari, S. N., Muzaffar, K. & Kumar, P. (2014). Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technology*, 266: pp. 354-364.

Blanco, R., Pérez, A. M., Toxqui, L., González, C., Delgado, M. A. & Vaquero, M. P. (2011). Efficacy of a microencapsulated iron pyrophosphate-fortified fruit juice: a 47 andomized, double-blind, placebo-controlled study in Spanish iron-deficient women, *Br. J. Nutr.* 105 (11) 1652–1659. Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/S0007114510005490>.

Boccio, J. & Bressan, J. (2004). Fortificación de alimentos con hierro y zinc: pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. *Revista de Nutrição*, 17(1).

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

<https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000100008>. Recuperado de:

<https://www.scielo.br/j/rn/a/Vp9Q3qWGFxghzqH9CJzGp5M/?lang=es#:~:text=FORTIFICACI%C3%93N%20CON%20HIERRO&text=Este%20metal%20act%C3%BAa%20catalizando%20los,de%20los%20l%C3%ADpidos%20del%20alimento>.

Bonilla, E. (2021). Estudio sobre las características de la formación de turbidez proteica en vinos y nuevas alternativas para su estabilización. Facultad de Ciencia y Tecnología Titulación. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja.

Caez, K. M. & Jaraba, N. (2012). Microencapsulación del jugo de mango (*Mangifera Indica L.*) para la obtención de un concentrado con la utilización de maltodextrina como material pared. Facultad de ingenierías. Ingeniería de alimentos. Universidad de Cartagena, p. 70.

Recuperado de:

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/1398/informe%20oficial%20pdf.pdf?sequence=1>

Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M. & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6:(4) pp. 420-428

CAR “Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca”. (2008). Manejo y aprovechamiento de subproductos y residuos en plantas de beneficio animal., Bogotá, Rubens impresores.

Recuperado de:

<https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33669/05887.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cerca%20del%2097%25%20por%20ciento,contaminante%20sobre%20los%20recursos%20agua%20>

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Chachapoya, D. L. (2014) Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Chong, P. H., Yusof, Y. A., Aziz, M. G., Mohd, N., Chin, N. L. & Syed, S. K. (2014). Effects of Spray Drying Conditions of Microencapsulation of *Amaranthus gangeticus* Extract on Drying Behavior. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* Vol. 2, pp. 33 – 42.

CONtextogadero UNA LECTURA DE LA REALIDAD COLOMBIANA. (28 de enero de 2022). Este es el número de plantas que culminaron el 2021 con certificación para seguir operando. Recuperado de: <https://www.contextogadero.com/regiones/este-es-el-numero-de-plantas-que-culminaron-el-2021-con-certificacion-para-seguir-operando>.

Decreto 1944 de 1996. (1996), Fortificación de la harina de trigo, condiciones de comercialización, rotula, vigilancia y control, Invima.

Detzel & Wieser, S. (2015). Food Fortification for Addressing Iron Deficiency in Filipino Children: Benefits and Cost-Effectiveness. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(2), 35–42. <https://doi.org/10.1159/000375144>

Espinoza, D. & Castillo, A. (2022). Avances tecnológicos en la obtención, identificación y producción de hidrolizados proteicos de residuos de pescado por acción enzimática: propiedades bioactivas y tecnofuncionales, aplicación en alimentos, mercado y regulación. *Scientia Agropecuaria*, 13(2), pp. 135-148.

Estrada, E., Cortes, M. & Gil, J. (2017). Guacamole powder: standardization of the spray drying process. *Vitae*, 24(2), pp. 102-112. Recuperado de: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n2a03>

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

- Fabela, M. F. (2017). Secado por aspersion. Tecnologías de nano-microencapsulación de compuestos bioactivos, Guadalajara Jalisco, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. pp. 189-199.
- FEDEGAN. (30 de septiembre de 2022). Balance y perspectiva del sector ganadero colombiano 2021-2022. En línea.
- Figuroa, O.A., Zapata, J.E. & Sánchez, C. P. (2016). Optimización de la Hidrólisis Enzimática de Proteínas de Plasma Bovino. *Información tecnológica*, 27(2), pp. 39-52. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000200006>
- Figuroa, P., Ceballos, M. & Hurtado, A. (2016). Microencapsulación mediante secado por aspersion de aceite de mora (*Rubus glaucus*) extraído con CO₂ supercrítico. *Revista Colombiana de Química*, 45(2), pp. 39-47. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n2.57481>
- Galanakis, C. M. (2015). Food Waste Recovery - Processing Technologies and Industrial Techniques - 4.3.4 *Steam Economy*. Elsevier. Recuperado de: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFWRPTIT1/food-waste-recovery-processing/food-waste-recovery-processing>
- García, C. O., Scheuren, S. M. & Zamorano, J. C. (2020). Explorando diferentes subproductos considerados como residuos por la industria pesquera en México. *Biotecnia*, 22(2), pp. 61-69. Recuperado de: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i2.1246>
- García, J. R. & Buenahora, L. M. (2021). Evaluación del proceso de secado por aspersion como técnica de pulverización de extractos de polifenoles obtenidos a partir de cacota de cacao.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

- Escuela de Ingeniería química. [Trabajo de grado profesional]. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Gómez, C., Castellanos, R., Ponce, T., Calderón, V. & Figueroa, J. (1999). Protein recovery from slaughterhouse wastes. *Bioresource Technology*, 70(2), pp. 129-133.
- Gómez, L. J., Figueroa, O. A. & Zapata, J. E. (2013). Actividad Antioxidante de Hidrolizados Enzimáticos de Plasma Bovino Obtenidos por Efecto de Alcalasa® 2.4 L. *Información tecnológica*, 24(1), 33-42. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000100005>
- González, M., Sandoval, M. L., Camerucci, M. A. & Ballarin, V. L. (2010). Procesamiento y análisis de imágenes de espumas de proteína. Sociedad Argentina de Bioingeniería. *Revista Argentina de Bioingeniería*, 16(1), pp. 11-15.
- Goula, A.M. & Adamopoulos, K.G. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation-Simulation using CFD. *Drying Technology* 22: pp. 1107-1128.
- Goula, A.M. & Adamopoulos, K.G. (2005). Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on the powder properties. *Journal of Food Engineering* 66: pp. 35-42.
- Guadix, A., Guadix, E. M., Páez, M. P., Tello, P. & Camacho, F. (2000). Procesos tecnológicos y método de control en la hidrolisis de proteína. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Granada.
- Guerrero, G. A. (2010). Diseño de ingeniería básica de una planta para la elaboración de sangre deshidratada para alimentos balanceados. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de

Ingeniería Química y Agroindustria. Recuperado de:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1665>

- Gupta, C., Chawla, P., Arora, S., Tomar, S. K. & Singh, A. K. (2015). Iron microencapsulation with blend of gum arabic, maltodextrin and modified starch using modified solvent evaporation method - milk fortification. *Food Hydrocoll.* 43, pp. 622–628, Recuperado de: 10.1016/j.foodhyd.2014.07.021.
- Jafari, S. M. & McClements, D. J (2017). Nanotechnology approaches for increasing nutrient bioavailability, *Advances in Food and Nutrition Research*, 1st ed., Vol 81, Elsevier Inc, Recuperado de: 10.1016/bs.afnr.2016.12.008.
- Janiszewska, E. (2014). Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology*, 264(1), pp. 190-196.
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. & Bawa, A. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry, and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science & Technology*, 49(3), pp. 278-293.
- Kerr, W. L. (2019). Chapter 14 - Food Drying and Evaporation Processing Operations. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (Third Edition)*, Academic Press, pp. 353-387.
- Klemeš, J. S. & Robin, J. (2008). *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing* - 13.3.3.2. Falling Film Evaporation. Woodhead Publishing. Recuperado de: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0061P3BA/handbook-water-energy/falling-film-evaporation>.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Kusn, F. & Suyatma, N. E. (2017). Iron fortification of soya based infant cereal and its stability during storage, *J. Food Technol. Preserv*, 1 (2), pp.1–6.

León, I. M. (2017). Evaluación de la tecnología por microondas sobre la degradación de hierro hémico en una galleta fortificada. Recuperado de: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/69

León, M. J. (2021). Efecto del plasma sanguíneo congelado como estabilizador de la emulsión en embutidos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15535>, <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4588357>

Linden, G. & Lorient, D. (1997). Bioquímica agroindustrial: Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial *Acribia S.A. Zaragoza* (España). p 454.

López, M., Luz M., Carvajal P. & Millán C. (2009) Establecimiento de condiciones de la mezcla de pulpa de banano (*musa paradisiaca* l.) para someter a secado por aspersion. *Vitae, Revista de la facultad de química farmacéutica ISSN 0121-4004, ISSNe 2145-2660*. Volumen 16 N°3. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, pp. 287-296

Márquez, B. M. (2014). Cenizas y Grasas: Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones. Universidad Nacional de San Agustín facultad de ingeniería de procesos, escuela profesional de ingeniería de industrias alimentarias. Arequipa-Perú, p. 6

Martínez, A. (2015). Efecto de la maltodextrina y la temperatura sobre kiwi deshidratado por atomización. [Trabajo de grado profesional]. Universidad Pública de Navarra. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos grado en ingeniería agroalimentaria y del

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

medio rural, pp. 28-29. Obtenido de:

file:///C:/Users/Asus/Downloads/Efecto%20de%20la%20maltodextrina%20y%20la%20temperatura%20sobre%20kiwi.pdf

Masters, K. (1979). *Spray drying fundamentals: Process stages and layouts*. New York: Halsted Press.

McRae, J., Barricklow, V., Pocock, K. & Smith, P. (2018). A new heat test for more accurate prediction of bentonite additions to avoid protein haze. *Technical Review*, 235, pp. 10–18.

Monroy, R. A. (2013). Valorización de residuos de sangre de bovino mediante hidrólisis enzimática integrando procesos con membranas. Escuela de Ingeniería química. [Trabajo de grado de Maestría]. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Mora, L., Reig, M. & Toldra, F. (2014). Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food Research International*, 65(C, SI), 344–349

Muvdi-Nova C. J., Mora S. A. & Cáceres S. A. (2021). Evaluación de la concentración de lactosuero ácido clarificado de leche bovina mediante la técnica de evaporación de película descendente al vacío. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Recuperado de: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1241> y <http://www.scopus.com/inward/record.url?partnerID=HzOxMe3b&scp=85103591258&origin=inward>

Najarian, S. & Bellhouse, B. (1996). Effect of liquid pulsation on protein fractionation using ultrafiltration processes. *J. Membr. Sci* 114; pp. 245-253

Noguera, F., Gigante, S., Menoni, C., Aude, I., Montero, D. & Peña, N. (2018). Principios de la preparación de alimentos. Comisión Sectorial de Enseñanza. Universidad de la República.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

- Uruguay. Recuperado de: <https://www.cse.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2018/12/Principios-de-la-preparacio%CC%81n-de-alimentos-Noguera-2018.pdf>
- O'Shea, N., Arendt, E. & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*: 16, pp 1–10.
- Oakley, D.E. & Bahu, R.E. (2000). Spray/gas mixing behavior within spray dryers. *In A. S. Mujumdar and I. Filkova (Eds). Drying*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Oberoi, D. P. S. & Sogi, D. S. (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, pp. 172-178.
- Organización Mundial de la Salud & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Obtenido en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf>
- Orrego, C. E. 2003. Procesamiento de alimentos. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Ortiz, J., Vélez, A. & Franco, E. (2008). Modelos matemáticos de la colmatación de membranas en microfiltración tangencial. *Ingeniería e Investigación*. 28(1), 123-132. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092008000100013&lng=en&tlng=es.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

- Ospina, E. (2013), Alimentos fortificados ofrecidos a la población infantil: un análisis desde el programa MANA del Departamento de Antioquia. Corporación Universitaria Lasallista, Antioquia, Colombia.
- Palomino, L., Vega, R., Lara, C., Gomero, L. & García, S. (2019). Evaluación de cinco residuos avícolas como fuentes de nitrógeno mineral disponible. Vol.37(3), pp. 121-129. IDESIA (Chile). Recuperado de: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v37n3/0718-3429-idesia-37-03-121.pdf>
- Pérez, J. P. & Macedo, L. (2017). Industrialización de sangre animal entera. Instituto de investigaciones biomédicas. Universidad Nacional de México (UNAM). Recuperado de: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/industrializacion-sangre-animal-entera-t41546.htm>
- Pérez, N. (2021). Optimización de un filtro prensa para el tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de la empresa CUEROS Y DISEÑOS. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, p. 9.
- Phisut, N. (2012). Spray drying technique of juice powder: some factors influencing the properties of products. Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Bangkok, 10110, Thailand
- Pizarro, F., Olivares, M. & Kain, J. (2005). Hierro y zinc en la dieta de la población de Santiago. *Revista Chilena de Nutrición*, 32(1), pp. 19-27. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000100002>

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Ponce, T. H. (septiembre de 2006). La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales.

Contribuciones a la Economía. Recuperado de: <http://www.eumed.net/ce/>

Preciado, S. I. & Cristancho Amado, L. R. (2021). Aprovechamiento del hierro proveniente de hemoglobina bovina en polvo en la fortificación de galletas de chocolate y néctar de mora.

Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/731.

Quek, Y. S., Chok, N. K. & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*. 46: pp 386-392.

Quemba, R., Moreno, L., Puentes, D., Avella, F. & Alza, W. (2009). Elaboración de un concentrado de uso avícola a partir de residuos revalorizados de la industria alimentaria.

Luna azul, N.º 28, pp. 40-45.

Ramírez, J. & Rodríguez, A. (2011). Fortificación de leche y derivados lácteos. *Tecnología Láctea Latinoamericana ISSN 0328-4158*, 67, pp. 46-55.

Rodríguez, L. T., Pérez, A. & Campderros, M. E. (2010). Functional and physical properties of bovine plasma proteins as a function of processing and pH, application in a food formulation. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(5).

Santillán, E., Méndez, M. A. & Vélez, J. F. (2017). Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties, *LWT Food Sci. Technol.* 80, pp. 462–469. Recuperado de: [10.1016/j.lwt.2017.03.025](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.025).

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Santos, N., Costa, R., Madruga, M., Medeiros, A., Albuquerque, C. & Egypto, R. d. C. R. d. (2008).

Constitution and composition chemistry of the precooked goatlike buchada produced in the state of Paraíba, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(4), pp. 793-796.

Sapper, M. (2015). Medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo. Recuperado:

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56749/SAPPER%20-](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56749/SAPPER%20-%20MEDIDA%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20F%C3%8DSICAS%20DE%20PRODUCTOS%20DE%20FRUTA%20EN%20POLVO.pdf?sequence=2)

[%20MEDIDA%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20F%C3%8DSICAS%20DE%20](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56749/SAPPER%20-%20MEDIDA%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20F%C3%8DSICAS%20DE%20PRODUCTOS%20DE%20FRUTA%20EN%20POLVO.pdf?sequence=2)

[PRODUCTOS%20DE%20FRUTA%20EN%20POLVO.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56749/SAPPER%20-%20MEDIDA%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20F%C3%8DSICAS%20DE%20PRODUCTOS%20DE%20FRUTA%20EN%20POLVO.pdf?sequence=2)

Sera Scandia. (s.f.). SDG Accelerator.

Serna, L., Torres-León, C. & Ayala, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de

Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. Facultad

de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Vol. 26:2,

pp. 41-50. doi: 10.4067/S0718-07642015000200006. Recuperado de:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art06.pdf>

Serpa, A. M., Barajas, J. A., Velásquez, J. A., Vélez, L. M. & Zuluaga, R. (2016). Desarrollo de

un refresco a partir de la mezcla de fresa (*Fragaria ananassa*), mora (*Rubus glaucus*),

gulupa (*Passiflora edulis Sims*) y uchuva (*Physalis peruviana L.*) fortificado con hierro

dirigido a niños en edad preescolar. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 17(2), pp. 151–

163. Recuperado de: <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v17n2a05>

Shishir, M. R., Taip, F. S., Aziz, N. A. & Talib, R. A. (2014). Physical Properties of Spray-dried

Pink Guava (*Psidium guajava*) Powder. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*.

Vol 2. pp74 – 81

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Shubham, K., Anukiruthika, T., Dutta, S., Kashyap, A. V., Moses, J. A. & Anandharamakrishnan,

C. (2020). Iron deficiency anemia: a comprehensive review on iron absorption, bioavailability and emerging food fortification approaches, *Trends Food Sci. Technol.* 99, pp. 58–75, Recuperado de: 10.1016/j.tifs.2020.02.021.

Siddharth., Chandrakant., Shubham & Hari. (25 de Marzo de 2022). Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review. Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology Kharagpur, Kharagpur, India.

Siddique, A. & Park, Y. W. (2019). Effect of iron fortification on microstructural, textural, and sensory characteristics of caprine milk Cheddar cheeses under different storage treatments. *J. Dairy Sci.* 102 (4), pp. 2890–2902, Recuperado de: 10.3168/jds.2018-15427.

Silva, V. D. & Silvestre, M. C. (2003). Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. *LWT - Food Science and Technology*, 36(7), pp. 709-718.

Solís, C. A., Vélez, C. A. & Ramírez, J. S. (2017). Tecnología de membranas: Ultrafiltración. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(22), pp. 26-36.

Tamime, A. Y., Caric, M. & Akkerman, J. C. (2009). Technology of Evaporators, Membrane Processing and Dryers. Dairy Powders and Concentrated Products, UK, Wiley-Blackwell, pp. 123-142.

Taylor, J., Taylor, J. R. & Kini, F. (2012). Cereal Biofortification: Strategies, Challenges and Benefits. Institute of Food, Nutrition and well-being and Department of Food Science, University of Pretoria Hatfield, South África.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

- Telesur–HIM. (7 septiembre 2022). Alertan sobre aumento de muertes por desnutrición infantil en Colombia. En línea. Recuperado de: <https://www.telesurtv.net/news/alertan-aumento-muertes-desnutricion-infantil-colombia-20220907-0001.html>.
- Tonon, V. R., Brabet, C. & Hubinger, M. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88, pp. 411-418.
- Tostado, T., Benítez, I., Pinzón, A. Bautista, M. & Ramírez, J. (17 de febrero de 2015). Actualidades de las características del hierro y su uso en pediatría. *Acta pediátrica de México*, 36(3), 189-200. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-23912015000300008&lng=en&tlng=es.
- Tovar, X., Téllez, A., Gómez, C. A., Mercado, Y. & Arana, A. (2021). Antioxidant and antihypertensive activity of bovine whey protein concentrate enzymatic hydrolysates. *Biotecnia*, 23(1), pp. 161-169.
- Triana, K. M. (2019). Impactos ambientales generados en plantas de beneficio bovino. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. UNAD
- Ulloa, C. C. (2009). Secador por atomización a escala de laboratorio. Departamento de ingeniería mecánica. Universidad de los Andes. Bogotá, D.C
- Vera, E., Sandeaux, J., Persin, F., Pourcelly, G., Dornier, M. & Ruales, J. (2009). Deacidification of passion fruit juice by electrodialysis with bipolar membrane after different pretreatments. *J. of Food Eng.*, 90; pp. 67-73.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Yaxing., Tiantian., Benu., Cunshan., Yuchuan & Bo Wang. (2022). Iron supplementation and iron-fortified foods: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62(16), pp. 4504-4525.

Apéndices.

Apéndice A. Protocolo modificado de operación del evaporador de película descendente al vacío.

Antes de la prueba.

1. Verifique que las resistencias estén conectadas y los sensores ubicados. Revise que las conexiones para gas de arrastre estén debidamente selladas.
2. Verifique que el agua de enfriamiento esté a la temperatura adecuada para iniciar la prueba.
3. Conecte el módulo de control al computador por medio del cable USB y comunique la interfaz con el sistema (Switch hacia la izquierda).
4. Encienda la bomba de vacío y active el controlador de esta. Espere a que alcance el set point. Si el vacío no se logra puede ser por pequeñas fugas, para esto apague la bomba de vacío sin necesidad de apagar el control de la interfaz y así poder escuchar estas fugas, luego de identificadas, sellarlas con cinta o silicona termorresistente.
5. Abra la válvula de la alimentación y luego de que el fluido pase por el tubo evaporador encienda la resistencia del intercambiador de paralo para la alimentación. Esto con el fin de asegurar que las resistencias se enciendan con el fluido recorriendo el equipo y evitar el recalentamiento del acero.
6. Terminado el precalentamiento, active lo controladores de temperatura del sistema evaporador y ajuste el caudal de alimentación deseado para la prueba.

Durante la prueba.

1. A medida que la temperatura aumente, revise que no se presenten daños en la película, si esto ocurre abra la llave suavemente hasta formarla nuevamente.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

2. Revise la temperatura del agua de enfriamiento, si la temperatura está por encima de los 50°C cambie de tanque.
3. Si durante la prueba se presentan fugas, séllelas inmediatamente con teflón y silicona termorresistente.
4. En caso de formación de espuma, detener la prueba y descargar los tanques de condensado y concentrado. Posteriormente, retomar la prueba con la solución restante (Seguir pasos “Después de la prueba”).
5. Vigile los valores de temperatura del evaporador y las zonas secas a lo largo del tubo de acero (si se presentan), con el fin de evitar posible sobrecalentamiento del tubo del evaporador puesto que puede quemar la solución.
6. A medida que la solución se concentra, aumentar el nivel del rotámetro para evitar acumulación dentro del equipo. De la misma forma para soluciones viscosas.

Después de la prueba.

1. Para terminar la prueba apague las resistencias del tubo de acero (Controladores de la interfaz), sin interrumpir el paso del flujo.
2. Cierre lentamente la llave para ir enfriando el tubo del sistema evaporador con la solución. Cuando la temperatura llegue a un valor menor a los 60°C cierre la llave completamente.
3. Deje la bomba de vacío trabajando durante 3 minutos para retirar la humedad acumulada en ella. Cumplido este tiempo apague la bomba.

Para terminar, retire los tanques de concentrado y condensado para medir volúmenes y grados brix.

Si se desea realizar una nueva prueba espere a que la temperatura del agua de enfriamiento llegue al valor deseado.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Apéndice B. Ficha técnica Alcalase® Grado alimenticio, Novozymes.

Ficha de Datos del Producto

1 de 2

Válido a partir del 2019-12-13

Alcalase®

2.4 L FG

En este producto, la actividad enzimática clave es proporcionada por serina endoproteasa que hidroliza enlaces peptídicos internos

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Enzima Declarada	proteasa (Subtilisina)
Actividad declarada	2,4 AU-A/g
Color	Marrón
Forma física	Líquido
Densidad aproximada (g/ml)	1,17
pH aproximada	5,2

El color puede variar de lote a lote, sin que la intensidad del color sea indicativa de la actividad enzimática.

ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Protease unit AU-A	2,4	/g
Cuenta Total en Placa	-	10000 /g
Bacteria coliforme	-	30 /g
E. coli	No detectado	/25 g
Salmonella	No detectado	/25 g
Metales pesados	Máx 30	mg/kg
Plomo	Máx 5	mg/kg
Arsénico	Máx 3	mg/kg
Cadmio	Máx 0.5	mg/kg
Mercurio	Máx 0.5	mg/kg

El método analítico de determinación enzimática está disponible en el Novozymes Market o a través de nuestro representante comercial.

COMPOSICIÓN

Ingredientes	Aprox. % (p/p)
Glicerol, CAS no. 56-81-5	50
Agua, CAS no. 7732-18-5	41
Proteasa (Subtilisina), CAS no. 9014-01-1*	9

*Definida como la conc. enzimática (base de materia seca)

INFORMACIÓN SOBRE ALÉRGENOS

Alérgeno	Sustancia contenida ¹	Alérgeno	Sustancia contenida ¹
Aplo	no	Moluscos	no
Cereales con gluten ^{2,3}	no	Mostaza	no
Crustáceos	no	Nueces ⁴	no
Huevo	no	Maní	no
Pescado	no	Sésamo	no
Altramuz	no	Soja	no
Leche (incluida la lactosa)	no	Dióxido de sulfuro/sulfitos, más de 10 mg por kg o l	no

¹Definición de sustancias de acuerdo con la normativa de la UE 1169/2011, en su versión modificada. Lista cubre alérgenos mencionados en 21 USC 301 (US) y GB 7718-2011 (China).

²es decir, trigo, centeno, cebada, avena, pieles, kamut

³es decir, almendra, avellana, nuez, anacardo, nuez pacana, nuez de Brasil, pistacho, macadamia y nuez de Queensland

⁴ Si No: Libre de gluten es decir, < 20ppm (Reglamento UE 828/2014)

VALORES NUTRICIONALES

El producto tiene un valor nutricional típico de aproximadamente 650 kJ/100 g enzimas.

• Proteína	9 g/100 g
• Polioles	50 g/100 g
• Humedad	41 g/100 g

STATUS GM

Este producto no es un OMG.

Organismo de producción: Bacillus licheniformis

El producto enzimático es fabricado por fermentación de un microorganismo que no está presente en el producto final. El organismo de producción no se modifica el uso de la biotecnología moderna.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Product Data Sheet

2 de 2

Válido a partir del 2019-12-13

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Temperatura de almacenamiento: 0-10 °C (32-50 °F)

El embalaje debe mantenerse intacto, seco y lejos de la luz solar. Siga las recomendaciones y utilice el producto antes de la fecha de consumo preferente para evitar la necesidad de una dosis mayor.

Utilizar preferentemente antes de: Encontrará la fecha de consumo preferente en el certificado de análisis o en la etiqueta del producto.

El producto proporciona un rendimiento óptimo si se almacena según las recomendaciones y se utiliza dentro de los 24 meses siguientes a la fecha de producción.

Novozymes garantiza la entrega al menos 6 meses antes de la fecha de consumo preferente.

El producto puede ser transportado a temperatura ambiente.

Después de la entrega, el producto debe ser almacenado como se recomienda.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD Y MANEJO

Las enzimas son proteínas. La inhalación de polvo o aerosoles puede inducir sensibilización y provocar reacciones alérgicas en personas sensibilizadas. Algunas enzimas pueden irritar la piel, ojos y membranas mucosas cuando el contacto es prolongado. Consulte el Manual de Seguridad o SDS para obtener más información sobre la manipulación segura del producto y los derrames.

CUMPLIMIENTO DE NORMAS

El producto cumple con las especificaciones de pureza recomendadas para enzimas de grado alimenticio dadas por la Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) y por Food Chemical Codex (FCC).

Los certificados Kosher y Halal están disponibles en el Novozymes Market o por medio de su representante de ventas.

CERTIFICACIONES

Novozymes suscribe al Pacto Mundial de las Naciones Unidas y la Convención de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica y los informes sobre el rendimiento de la sostenibilidad a través de la iniciativa Global Reporting Initiative (GRI). Vea todos nuestros compromisos en www.novozymes.com.



SEGURIDAD ALIMENTARIA

Novozymes ha llevado a cabo un análisis de peligros y preparó un plan de análisis de riesgo y puntos críticos de control (en inglés HACCP) que describe los puntos de control fundamentales (en inglés, CCP). El plan de HACCP tiene el apoyo de un programa completo como requisito previo, implementado en las prácticas de buenas prácticas de fabricación (en inglés, GMP) de Novozymes.

El producto es elaborado según el plan de HACCP de Novozymes, las prácticas de GMP y los requisitos adicionales controlados por el sistema de gestión de calidad de Novozymes.

El producto cumple con los requisitos de pureza recomendados por el comité JECFA de la FAO/OMS y los requisitos de pureza recomendados por la FCC con respecto a las micotoxinas. El producto cumple con la legislación de la UE con respecto a los pesticidas.



ENVASES

El producto está disponible en diferentes tipos de envases. Póngase en contacto con el representante de ventas para obtener más información.

Para más informaciones, o direcciones de nuestras oficinas, visite: www.novozymes.com

La legislación, las reglamentaciones y los derechos de terceros podrían impedir que los clientes importasen, utilizaran, procesasen o revendiesen los productos que se describen en el presente documento en determinadas formas. Sin otro contrato por escrito entre el cliente y Novozymes para ese efecto, este documento no constituye una declaración o garantía de ningún tipo y se encuentra sujeto a cambio sin previo aviso.

novozymes.com

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Apéndice C. Balances de hierro en el secador por aspersión.

Con el objetivo de evaluar la cantidad de hierro que teóricamente debe obtenerse para cada tipo de pulverizado se realizaron los siguientes balances:

1. Balances asumiendo el contenido de hierro del clarificado FCV=1 en 1,4 mg/100g según se reporta en los resultados del análisis de laboratorio.

F^1 : Clarificado FCV =1

F^2 : Concentrado FCV =3,16

F^3 : Concentrado FCV =5,94

$$F^1 X_{Fe}^1 = F^2 X_{Fe}^2$$

$$31.290 * (1,4 * 10^{-5}) = 9.240 * X_{Fe}^2$$

$$X_{Fe}^2 = 4,74 * 10^{-5}$$

$$F^2 X_{Fe}^2 = 0,438 \text{ g}$$

$$9.240 \text{ ---} \rightarrow 0,438 \text{ g}$$

$$100 \text{ ---} \rightarrow x$$

$$x = 4,74 * 10^{-3} \text{ g}$$

$$x = 4,74 \text{ mg/100 g Fe}$$

$$F^2 X_{Fe}^2 = F^3 X_{Fe}^3$$

$$0,438 = 5.140 * X_{Fe}^3$$

$$X_{Fe}^3 = 8,32 * 10^{-5}$$

$$F^3 X_{Fe}^3 = 0,428 \text{ g}$$

$$x = 8,32 \text{ mg/100 g Fe}$$

Prueba 1: Hidrolizado concentrado (HC) secado 0%MD y 0% anticompactante (HS)

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Cantidad de HC que ingresa = 220,3 g

Contenido de hierro = 8,32mg/100 g Fe

Polvo fino obtenido = 103 g

$$\begin{array}{l}
 100 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow 8,32 \text{ mg} \\
 220,3 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow x \\
 \boxed{x = 18,32 \text{ mg}} \longrightarrow \boxed{\text{Hierro que entra}} \\
 \text{Entra} = \text{Sale} \\
 \\
 103 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow 18,32 \text{ mg} \\
 100 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow x \\
 \boxed{x = 17,79 \text{ mg}}
 \end{array}$$

Teniendo en cuenta este procedimiento se hicieron los cálculos respectivos para cada prueba. Los resultados se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Resultados balances de hierro con 8,32 mg/100g Fe en el concentrado FCV=5,94

N°	Cantidad de HC [g]	Prueba	Polvo obtenido[g]	Entra	Sale
				[mg]	[mg/100g]
1	220,3	HS	103	18,329	17,795
2	220	HSM0+A	87	18,329	21,068
3	142,7	HSM7+A	94	11,875	12,633
4	109,8	HSM10+A	92	9,135	9,929

2. Balances asumiendo el contenido de hierro del clarificado FCV= 5,94 en **4,79 mg/100g** según se reporta en los resultados del análisis de laboratorio.

Prueba 1: Hidrolizado concentrado (HC) secado 0%MD y 0% anticompactante (**HS**)

Cantidad de HC que ingresa = 220,3 g

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Contenido de hierro = 4,79mg/100 g Fe

Polvo fino obtenido = 103 g

$$100 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow 4,79 \text{ mg}$$

$$220,3 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow x$$

$$x = 10,55 \text{ mg}$$

Entra = Sale

Hierro que entra

$$103 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow 10,55 \text{ mg}$$

$$100 \text{ g} \text{ ---} \rightarrow x$$

$$x = 10,24 \text{ mg}$$

Teniendo en cuenta este procedimiento se hicieron los cálculos respectivos para cada prueba. Los resultados se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Resultados balances de hierro con 4,79 mg/100g Fe en el concentrado FCV=5,94

N°	Cantidad de HC [g]	Prueba	Polvo obtenido[g]	Entra	Sale
				[mg]	[mg/100g]
1	220,3	HS	103	10,552	10,245
2	220	HSM0+A	87	10,552	12,129
3	142,7	HSM7+A	94	6,837	7,273
4	109,8	HSM10+A	92	5,259	5,716

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Apéndice D. Análisis DOFA de los productos lácteos y productos cárnicos (embutidos).**Figura D1.** Análisis DOFA para productos lácteos.

DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	La fortificación con hierro es técnicamente más difícil que la fortificación con otros nutrientes porque el hierro es un prooxidante y, por lo tanto, promueve la oxidación de lípidos presentes.	1	Competencia directa del producto fortificado con otro sin adición de hierro que dificulta la aceptación del consumidor frente al nuevo producto.
2	El calcio inhibe la absorción de hierro hemo y no hemo.	2	Preocupación de los consumidores ante el cambio en sabor, textura y aspecto de los productos lácteos.
3	El consumo excesivo del producto puede aumentar la ingesta necesaria de hierro. Al no existir un mecanismo biológico para eliminar hierro del cuerpo humano tendría efectos tóxicos potenciales.	3	El precio de este tipo de producto sigue siendo elevado para las poblaciones vulnerables que son los más sensibles a la carencia de hierro.
		4	Las barreras regulatorias pueden dificultar el proceso de fortificación y requerir la aprobación de organismos reguladores para ser comercializados.
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	Los productos lácteos son vehículos adecuados para la fortificación al ser inertes con los micronutrientes adicionados.	1	Si se consumen de forma regular y frecuente, la leche fortificada mantendrá las reservas corporales de nutrientes de manera más eficiente que el uso intermitente de suplementos.
2	Buena relación costo/beneficio.	2	Proporciona una estrategia potencial para lograr la reducción de la mortalidad, la morbilidad y la malnutrición infantil por carencia de hierro.
3	No requiere modificación de los hábitos alimentarios; y a diferencia de lo que sucede con los suplementos, no requiere que la persona tenga que cumplir con la ingesta regular de un suplemento médico.	3	El queso es uno de los derivados de la leche que con sus diferentes presentaciones es común en la dieta de los colombianos y sigue incrementando su consumo, por lo tanto, es un vehículo por estudiar en la fortificación con hierro y otros micronutrientes.
4	Se ofrecen distintas presentaciones para varios segmentos del mercado según las preferencias de consumo. La leche chocolatada ha sido una opción que permite llegar a niños pequeños y a disminuir los posibles cambios de coloración y sabor.	4	El yogur es un medio adecuado para complementar el hierro en pacientes intolerantes a la lactosa, ya que promueve el peristaltismo gastrointestinal y facilita la digestión.

EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE TRATAMIENTO DE SANGRE BOVINA

Figura D2. Análisis DOFA para productos cárnicos (Embutidos).

DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	El sabor y textura del producto final puede verse afectado por el tipo de fortificante empleado, el tipo de preparación y la fuente de proteína animal y fibra usada en el embutido.	1	El tiempo de vida útil se ve afectado por el procesamiento realizado. Por lo general los productos curados y ahumados son los que presentan mayor tiempo de conservación (7 semanas – 6 meses)
2	Los estudios de fortificación con hierro en productos derivados de la carne son mínimos respecto a otros productos	2	Los embutidos en la actualidad son objeto de debates con respecto a su consumo y a la salud de sus consumidores por los elevados valores de grasa y por los conservantes utilizados en su producción, especialmente los nitritos que se les ha relacionado con el cáncer.
3	Productos embutidos como chorizo, mortadela, jamón, salchicha y salchichón no son fuente de hierro; por el contrario, por su alto contenido de sodio, no es aconsejable consumirlos con frecuencia. Son pobres en hidratos de carbono, calcio y vitamina C.	3	Los embutidos son más difíciles de digerir debido a la alta cantidad de grasa que contienen, por lo que normalmente provocan reflujo y malestar al contener conservantes o aditivos que afectan la mucosa gástrica. También, se asocian generalmente a hipertensión arterial, cáncer, enfermedades cardiovasculares y sobrepeso. También con artritis y gota por el alto contenido de ácido úrico
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	El consumo de embutidos es recomendado para mayores de 2 años 1 vez por semana y para las demás edades no existe una cantidad específica	1	Se pueden utilizar otro tipo de fuentes proteicas (vegetales: soya, lenteja, garbanzo) para la fabricación de embutidos con el fin de ampliar la población objetivo.
2	En cuanto a los nutrientes los embutidos aportan proteínas de alto valor biológico, péptidos y aminoácidos bioactivos de efectos positivos que hay que estudiar más a fondo, una cierta proporción de ácidos grasos insaturados, minerales (sobre todo hierro y zinc de alta disponibilidad) y vitaminas del grupo B, entre ellas, la vitamina B12, que no se encuentra en los vegetales	2	La fortificación con otros elementos además del hierro permite aprovechar de mejor forma la energía consumida para su digestión.
		3	El acceso permanente a fuentes de proteína animal, provenientes de la carne de res, cerdo, pollo o de pescados y mariscos está severamente restringido para gran parte de la población rural y urbana a nivel nacional. Por lo que la llegada de un producto como estos podría suplir la necesidad de hierro en estas zonas