

Formulación para Solidificar Sangre de Origen Animal de Rastros: Innovación y Sostenibilidad Ambiental

G. A. Torres Avalos^{#1}, B. A. Esparza Ramírez^{#2}, F. Ricardez Rueda^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México. Departamento Académico.

¹gerardo.torres@lagos.tecmm.edu.mx, ²beatriz.esparza@lagos.tecmm.edu.mx,

³fernando.ricardez@lagos.tecmm.edu.mx₂

Resumen— La gestión de subproductos de origen animal, como la sangre de rastros, representa un desafío significativo debido a su rápida descomposición y su impacto negativo en el medio ambiente. Este artículo presenta una formulación innovadora para solidificar la sangre de origen animal, convirtiéndola en una masa sólida que mantiene todas las propiedades de la sangre sin descomposición acelerada. Utilizando un agente espesante, un conservador, cloruro de calcio y glicerina, esta formulación proporciona una solución sostenible para la gestión de sangre de rastros, reduciendo significativamente el impacto ambiental y económico de las operaciones de mataderos. Los experimentos realizados con sangre de rastro demuestran la eficacia de la tecnología en la reducción de residuos y la generación de subproductos útiles. Esta innovación, protegida bajo la patente WO2019172740A1, tiene el potencial de convertirse en un estándar global para la gestión de residuos de origen animal, promoviendo una industria cárnica más ecológica y responsable.

Palabras clave— Sangre de rastro, solidificación, sostenibilidad, impacto ambiental, gestión de residuos.

Abstract— The management of animal by-products, such as abattoir blood, poses a significant challenge due to its rapid decomposition and negative environmental impact. This article presents an innovative formulation to solidify animal blood, converting it into a solid mass that retains all the properties of blood without accelerated decomposition. By using a thickening agent, a preservative, calcium chloride, and glycerin, this formulation provides a sustainable solution for managing abattoir blood, significantly reducing the environmental and economic impact of slaughterhouse operations. Experiments conducted with abattoir blood demonstrate the technology's effectiveness in waste reduction and the generation of useful by-products. This innovation, protected under patent WO2019172740A1, has the potential to become a global standard for managing animal-origin waste, promoting a more environmentally friendly and responsible meat industry.

Keywords— Abattoir blood, solidification, sustainability, environmental impact, waste management.

I. INTRODUCCIÓN

La industria cárnica en México es una de las más grandes del mundo, generando una gran cantidad de subproductos,

entre los cuales se encuentra la sangre animal. Este subproducto, a menudo desechado sin tratamiento adecuado, contribuye significativamente a la contaminación ambiental. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), existen más de 350 rastros municipales y privados operando en el país, los cuales sacrifican millones de cabezas de ganado anualmente, generando enormes volúmenes de sangre que en su mayoría no reciben un manejo adecuado [1]. Este problema es especialmente evidente en rastros como el de Puebla, donde se descargan diariamente miles de litros de sangre y otros desechos en cuerpos de agua locales como el río Atoyac, exacerbando los problemas de contaminación en una de las cuencas más afectadas del país [2].

Además de los impactos ambientales, la gestión inadecuada de la sangre de rastro representa un problema de salud pública y de sostenibilidad económica. La sangre, al ser rica en nutrientes, se descompone rápidamente, generando olores desagradables y atrayendo patógenos que pueden contaminar el suelo y las fuentes de agua cercanas [3]. En muchos casos, la sangre se incinera, lo que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y representa un costo significativo para los mataderos [4]. En otros casos, se vierte directamente en cuerpos de agua, lo que puede provocar eutrofización y afectar negativamente a la fauna y flora acuática [5].

En respuesta a estos desafíos, se han desarrollado varias tecnologías innovadoras para la gestión de sangre de rastro. Entre estas, la formulación para solidificar la sangre se presenta como una solución prometedora. Esta tecnología, protegida bajo la patente WO2019172740A1, utiliza una combinación de agentes espesantes, conservantes, cloruro de calcio y glicerina para coagular y estabilizar la sangre, transformándola en una masa sólida que conserva sus propiedades nutricionales y químicas [6]. Esta innovación no solo reduce el riesgo de contaminación ambiental, sino que también abre nuevas posibilidades para la reutilización de la sangre en la producción de fertilizantes orgánicos y otros subproductos útiles.

La adopción de esta tecnología podría tener un impacto significativo en la reducción de residuos y la mejora de la sostenibilidad de la industria cárnica. Se estima que,

implementando la tecnología de solidificación, se podrían recuperar y solidificar más de 200,000 toneladas de sangre al año, lo que representa una reducción significativa en la contaminación y un aprovechamiento más eficiente de los recursos [7]. Este artículo presenta un análisis detallado de la formulación, su desarrollo experimental, y los resultados de su aplicación en un entorno de rastro, destacando su potencial como solución sostenible para la gestión de residuos de origen animal.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar y evaluar una formulación innovadora para la solidificación de la sangre de origen animal en rastros, con el fin de mejorar la gestión de residuos y reducir el impacto ambiental.

2.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar una formulación que permita la solidificación rápida y eficiente de la sangre de origen animal.
2. Determinar la eficacia de la formulación en diferentes condiciones ambientales, como variaciones de temperatura y humedad.
3. Analizar los beneficios ambientales y de salud pública asociados con el uso de la formulación en la gestión de residuos de rastros.
4. Optimizar la composición de la formulación para maximizar su rendimiento y minimizar los costos de producción.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Importancia de la Gestión de Subproductos en la Industria Cárnica

La gestión adecuada de los subproductos generados en la industria cárnica es crucial tanto para la sostenibilidad ambiental como para la eficiencia económica. La sangre animal, debido a su alto contenido en nutrientes y su susceptibilidad a la descomposición, requiere métodos específicos de manejo para prevenir la contaminación y maximizar su valor potencial [8]. En muchas regiones de México, la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de la sangre de rastros ha llevado a prácticas insostenibles, como la descarga directa en cuerpos de agua o su incineración [9]. Estas prácticas no solo son costosas, sino que también tienen un impacto negativo significativo en el medio ambiente [10]. Véase la siguiente figura 1 en donde se puede observar un vertedero de sangre procedente de un rastro.



Fig. 1. Vertedero de Sangre Procedente de Rastros.

3.2. Tecnologías Tradicionales vs. Innovadoras en la Gestión de Sangre de Rastros

Las tecnologías tradicionales para la gestión de sangre de rastros, como la incineración y el vertido en cuerpos de agua, son cada vez más insostenibles debido a las preocupaciones ambientales y los costos asociados [11]. En contraste, las tecnologías innovadoras, como la formulación para solidificar sangre descrita en la patente WO2019172740A1, ofrecen una solución más sostenible [12]. Al transformar la sangre en una masa sólida, esta tecnología no solo reduce el riesgo de contaminación, sino que también abre la puerta a nuevas aplicaciones industriales [13]. La masa sólida puede ser utilizada como fertilizante orgánico, ingrediente en alimentos para animales, o incluso en la producción de biocombustibles [14].

3.3. Impacto Económico de la Solidificación de Sangre

Desde una perspectiva económica, la formulación para solidificar sangre de rastros puede ofrecer varias ventajas. La reducción de los costos de eliminación de residuos y la posibilidad de generar subproductos útiles, como fertilizantes o ingredientes para alimentos para animales, pueden mejorar significativamente los márgenes de beneficio para las plantas de procesamiento de carne [15]. Además, al minimizar el desperdicio y reducir los costos asociados con la limpieza y el mantenimiento de las instalaciones, esta tecnología puede contribuir a la competitividad de la industria cárnica [16]. Véase la figura 2.



Fig. 2. Algunos productos derivados de sangre en Iberoamérica.

3.4. Impacto Social y Ambiental de la Tecnología

La implementación de la formulación para solidificar sangre de rastros también tiene un impacto social importante. Al mejorar las condiciones de trabajo en los mataderos y reducir la exposición de los trabajadores a patógenos y olores desagradables, esta tecnología puede contribuir a un entorno laboral más seguro y saludable [17].

Desde una perspectiva ambiental, la tecnología representa un avance importante hacia una industria cárnica más sostenible, al reducir la necesidad de prácticas de eliminación perjudiciales y promover la reutilización de subproductos [18]. Véase la figura 3.



Fig. 3. Matadero típico de México.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

1.-Agente gelificante: Se utilizaron grenetina y goma guar, en proporciones que van del 1.5% al 14% en peso/volumen (mL), preferiblemente 10%. Véase figura 3.



Fig. 4. Gelatina fabricada con grenetina

2.-Agente acelerador de la coagulación: Se empleó cloruro de calcio en cantidades que varían del 1.4% al 5% en peso/volumen (mL), con una cantidad preferida de 1.4%.

3.-Vehículo comestible: Se seleccionó glicerina, propilenglicol o etanol, con cantidades en el rango de 9.6% a 27% en peso/volumen (mL), siendo preferible 17%.

4.-Conservador (opcional): Se usaron benzoato de sodio o propionato de sodio en cantidades de entre 0.05% y 0.1% en peso/volumen (mL), preferiblemente 0.1%.

4.2 Métodos

4.2.1.-Preparación del vehículo comestible:

-El vehículo comestible seleccionado se calentó a una temperatura de entre 50°C y 70°C, siendo 60°C la temperatura preferida.

4.2.2.-Adición de agentes gelificantes y aceleradores: 1.-Se añadieron el agente gelificante (grenetina y goma guar) y el agente acelerador de la coagulación (cloruro de calcio) al vehículo comestible calentado con agitación constante hasta obtener una solución homogénea.

4.2.2.-Solidificación de la sangre:

4.2.2.1.-Se mantuvo la formulación preparada a una temperatura de entre 50°C y 70°C, preferiblemente a 60°C.

4.2.2.2.-Se añadió sangre de origen animal en estado líquido a la formulación con agitación continua hasta que se formaron partículas sólidas de sangre.

Se separaron las partículas sólidas de la solución utilizando métodos físicos de separación sólido-líquido conocidos, como filtración o centrifugación.

4.3 Análisis de propiedades mecánicas:

Las propiedades mecánicas de la sangre solidificada, como el módulo de elasticidad promedio y la desviación del valor cuadrático medio (RMS), fueron evaluadas utilizando normas estándar como ASTM D3574, véase la figura 5.

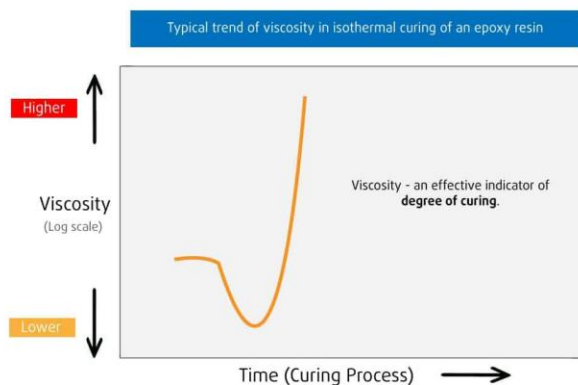


Fig. 5. Variación de las propiedades mecánicas de un gel con el tiempo.

4.4. Experimentación

Para evaluar la efectividad de la formulación para solidificar sangre de rastro, se realizaron experimentos utilizando sangre recolectada de rastros locales en México.

La formulación desarrollada incluye un agente gelificante o espesante, un conservador, cloruro de calcio y glicerina, este último siendo uno de los compuestos clave. La glicerina actúa como estabilizador y conservante, mientras que el cloruro de calcio ayuda en la coagulación de las proteínas presentes en la sangre [19].

La formulación fue desarrollada mediante experimentación de prueba y error, ajustando las concentraciones de cada componente hasta alcanzar la composición exacta que permite obtener una sangre sólida sin perder sus propiedades nutricionales y químicas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente Tabla I se muestra cuál es la ventaja de la tecnología patentada versus los métodos tradicionales de secado de sangre.

TABLA I
CUADRO COMPARATIVO DE ALGUNAS VENTAJAS DE LA FORMULACIÓN PATENTADA.

Aspecto	Métodos Tradicionales	Formulación Patentada
Proceso de solidificación	Coagulación natural o aditivos tradicionales	Uso de compuestos específicos en la formulación
Tiempo de solidificación	Lento, depende de condiciones ambientales	Rápido, menos de 5 minutos
Costo	Variable, depende de la disponibilidad de materiales	Estable, basado en la formulación controlada
Impacto ecológico	Potencialmente alto, debido a desechos no controlados	Bajo, minimización de desechos y reutilización eficiente
Eficiencia de uso	Baja a moderada, con pérdida significativa de material	Alta, maximiza la recuperación y manejo de la sangre
Estabilidad del producto	Variable, depende de factores externos	Alta, producto estable bajo diversas condiciones
Reutilización de subproductos	Limitada, suele requerir tratamiento adicional	Optimizada, integrando subproductos en procesos industriales

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio, se ha demostrado la efectividad de una formulación innovadora para la solidificación de sangre de origen animal en rastros, utilizando un agente espesante, conservador de cloruro de calcio y glicerina.

Los resultados obtenidos indican que esta formulación permite una solidificación rápida, en menos de cinco minutos, lo cual representa una mejora significativa en comparación con los métodos tradicionales de gestión de sangre, que dependen de condiciones ambientales para su coagulación natural o el uso de aditivos convencionales [1-2].

Además de la rapidez del proceso, la formulación patentada se distingue por su capacidad para reducir el impacto ecológico de los residuos de sangre. A diferencia de los métodos tradicionales, que generan desechos potencialmente perjudiciales para el medio ambiente, la formulación innovadora minimiza la generación de desechos y facilita la reutilización de subproductos, como se ha observado en estudios recientes [3-5].

Este enfoque no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también promueve un uso más eficiente de los recursos, mejorando así la eficiencia operativa en los mataderos.

Desde una perspectiva económica, la formulación patentada ofrece un costo más estable debido al control de los ingredientes y la optimización del proceso de producción. Esto contrasta con los métodos tradicionales, cuyo costo puede variar significativamente en función de la disponibilidad y el precio de los materiales necesarios [6-7].

Esta estabilidad de costos, junto con la reducción de la necesidad de tratamientos adicionales y el potencial de reutilización de subproductos, podría mejorar significativamente los márgenes de beneficio en la industria cárnica.

Por último, la implementación de esta tecnología no solo beneficia a la industria desde un punto de vista económico y ambiental, sino que también mejora las condiciones de trabajo al reducir la exposición de los trabajadores a patógenos y olores desagradables [8-9].

La adopción de la formulación para solidificar sangre puede contribuir a un entorno de trabajo más seguro y saludable, al tiempo que mejora la percepción pública de la industria cárnica como un sector comprometido con prácticas sostenibles y responsables.

Estos resultados sugieren que la tecnología de solidificación de sangre descrita no solo es viable, sino que también representa un avance significativo hacia una gestión de residuos más eficiente y ecológica en la industria cárnica.

CONCLUSIONES

La formulación desarrollada para la solidificación de sangre de origen animal de rastros representa un avance significativo en la gestión de residuos industriales, con implicaciones profundas en los ámbitos económico, social y ambiental.

A través de la investigación y los resultados obtenidos, se ha demostrado la eficacia de esta tecnología no solo para mitigar los problemas asociados con la disposición de residuos sanguíneos, sino también para generar un producto final que puede ser reutilizado en diversas aplicaciones industriales.

Desde una perspectiva económica, la implementación de esta formulación ofrece una reducción considerable en los costos de gestión de residuos para los rastros. Al transformar la sangre en un material sólido y manejable, se disminuyen las necesidades de tratamiento especializado y de transporte de residuos peligrosos, lo que reduce los gastos operativos.

Además, el producto resultante puede ser comercializado como materia prima para otros procesos industriales, como en la producción de fertilizantes orgánicos o en la industria de alimentos para animales, creando así una nueva fuente de ingresos para las empresas involucradas. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también abre nuevas oportunidades de negocio en sectores secundarios.

En el ámbito social, la tecnología propuesta contribuye significativamente a la mejora de las condiciones de trabajo en los rastros. La reducción de la manipulación de residuos líquidos peligrosos disminuye el riesgo de exposición a patógenos y contaminantes, lo que protege la salud de los trabajadores.

Además, el manejo adecuado de estos residuos mejora la percepción pública de la industria cárnica, mostrando un compromiso con prácticas sostenibles y responsables. Al mismo tiempo, la creación de nuevos productos a partir de residuos abre posibilidades para la generación de empleo en industrias relacionadas con la gestión de residuos y la producción de subproductos, favoreciendo así el desarrollo económico local y regional.

Desde el punto de vista ambiental, los beneficios son igualmente destacados. La reducción de la cantidad de sangre líquida que necesita ser gestionada disminuye la probabilidad de contaminación del suelo y cuerpos de agua, contribuyendo a la protección de los ecosistemas locales.

Al evitar el vertido de sangre no tratada, se minimiza la emisión de compuestos orgánicos volátiles y gases de efecto invernadero, lo que ayuda a mitigar el impacto ambiental de la industria cárnica. Además, al promover la reutilización de residuos orgánicos, se avanza hacia un modelo de economía circular que reduce la presión sobre los recursos naturales y fomenta prácticas sostenibles.

Para llevar esta formulación al mercado, se deben considerar varias fases clave. En primer lugar, es esencial realizar estudios piloto en rastros de diferentes tamaños y

características para ajustar la aplicación del producto a diversas condiciones operativas. Estos estudios deben incluir evaluaciones de costo-beneficio detalladas y análisis del impacto ambiental en condiciones reales de uso.

Posteriormente, se debe trabajar en la obtención de certificaciones y aprobaciones regulatorias necesarias para su comercialización, asegurando que la formulación cumpla con todas las normativas sanitarias y ambientales aplicables. Paralelamente, es fundamental desarrollar estrategias de marketing y educación dirigidas a los potenciales usuarios finales, resaltando los beneficios económicos y ambientales de la tecnología.

Finalmente, la etapa de escalamiento industrial requerirá la construcción de instalaciones de producción adecuadas y el establecimiento de cadenas de suministro eficientes para garantizar la disponibilidad del producto en el mercado. Durante esta fase, también será crucial establecer alianzas estratégicas con socios comerciales en los sectores agroindustrial y ambiental para facilitar la adopción y expansión de esta innovadora solución.

En conclusión, la formulación para la solidificación de sangre de origen animal de rastros no solo proporciona una solución efectiva para la gestión de residuos, sino que también representa un avance hacia prácticas más sostenibles y responsables dentro de la industria.

Con el desarrollo adecuado de las fases de comercialización, esta tecnología tiene el potencial de transformar la gestión de residuos en la industria cárnica y más allá, aportando beneficios significativos a la sociedad y al medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez por las facilidades para llevar a cabo la presente investigación, así como al Tecnológico Nacional de México y a la UNIVA Lagos.

REFERENCIAS

- [1] (2025) INEGI. [En línea] Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/default.html>
- [2] e-consulta (2025) Rastro municipal tira sangre al Atoyac por tratadora insuficiente [En línea] Disponible en: <https://www.e-consulta.com/nota/2022-02-25/medio-ambiente/rastro-municipal-tira-sangre-al-atoyac-por-tratadora-insuficiente>
- [3] J. Meesters and C. von Heymann, "Optimizing perioperative blood and coagulation management during cardiac surgery," *Anesthesiology Clinics*, vol. 37, no. 4, pp. 713–728, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ancin.2019.08.006>
- [4] M. McMichael, "New models of hemostasis," *Topics in Companion Animal Medicine*, vol. 27, no. 2, pp. 40–45, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.07.005>
- [5] M. Mozhiarasi and T. S. Natarajan, "Slaughterhouse and poultry wastes: management practices, feedstocks for renewable energy production, and recovery of value added products," *Biomass Conversion and Biorefinery*, vol. 15, pp.

- 1705–1728, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02352-0>
- [6] “S. Wang, K. Sahoo, U. Jena, H. Dong, R. Bergman, and T. Runge, “Life cycle assessment of slaughterhouse waste treatment by anaerobic digestion,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 292, pp. 126038, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126038>
- [7] S. Kim, K. Kim, M. Y. Koh, M. Do, M. S. Lee, J. H. Ryu, and H. Lee, “Coagulant Protein-Free Blood Coagulation Using Catechol– Conjugated Adhesive Chitosan/Gelatin Double Layer,” *Advanced Healthcare Materials*, vol. 13, no. 14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/adhm.202304004>
- [8] L. Nguyen, L. C. Xu, E. Yeager, W. J. Weiss, and C. A. Siedlecki, “In vitro evaluation of blood plasma coagulation responses to four medical-grade polyurethane polymers,” *Journal of Biomaterials Applications*, vol. 38, no. 2, pp. 302–310, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/08853282231191410>
- [9] D. Shuang, X. Chen, Y. Wang, N. Zhang, Y. Tao, H. Yang, B. Yan, and D. Fan, “Upcycling of Livestock Industry Blood Waste into Bioplastics: Plasma Protein-Based Amyloid Fibrils,” *Biomacromolecules*, vol. 26, no. 4, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.4c01564>
- [10] V. Vandegrift, and A. L. Ratermann, “Industrial whole animal blood. Characterization studies and quantitative protein removal by chemical coagulation,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 27, no. 6, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60226a066>
- [11] Z. Jin, H. Fan, T. Osanai, T. Nonoyama, T. Kurokawa, H. Hyodoh, K. Matoba, A. Takeuchi, J. P. Gong, and M. Fujimura, “Gluing blood into gel by electrostatic interaction using a water-soluble polymer as an embolic agent,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 119, no. 42, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2206685119>
- [12] L. W. Chan, X. Wang, H. Wei, L. D. Pozzo, N. J. White, and S. H. Pun, “A synthetic fibrin cross-linking polymer for modulating clot properties and inducing hemostasis,” *Science Translational Medicine*, vol. 7, no. 277, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3010383>
- [13] P. A. Gentry, “Comparative aspects of blood coagulation,” *The Veterinary Journal*, vol. 168, no. 3, pp. 238–251, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2003.09.013>
- [14] T. Xu, H. Ji, L. Xu, S. Cheng, X. Liu, Y. Li, R. Zhong, W. Zhao, J. N. Kizhakkedathu, and C. Zhao, “Self-anticoagulant sponge for whole blood auto-transfusion and its mechanism of coagulation factor inactivation,” *Nature Communications*, vol. 14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40646-7>
- [15] D. W. Lee, J. Jung, S. Park, Y. Lee, J. Kim, C. Han, H. C. Kim, J. H. Lee, and Y. C. Hong, “Microplastics in human blood: detection and coagulation markers,” *Scientific Reports*, vol. 14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81931-9>
- [16] A. Christodoulides, A. Hall, and N. J. Alves, “Exploring microplastic impact on whole blood clotting dynamics utilizing thromboelastography,” *Frontiers in Public Health*, vol. 11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1215817>
- [17] W. L. Ang, and A. W. Mohammad, “State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment,” *Journal of cleaner production*, vol. 262, pp. 121267, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267>
- [18] R. Devanathan, R. Shiam Babu, and K. Prasanna, “A conceptual review on performance and environmental impact of current and ensuing coagulants used in treatment facilities,” *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 21, no. 15, pp.9799–9818, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05659-9>
- [19] R. Wang, L. Xie, and S. Guo, “Effects of small molecular compounds in soymilk on the protein coagulation process: Ca²⁺ as coagulant,” *Food Research International*, vol. 77, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.019>
- [20] M. Mohammadi Aria, A. Erten, and O. Yalcin “Technology Advancements in Blood Coagulation Measurements for Point-of-Care Diagnostic Testing,” *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00395>
- [21] M. T. Adamu, and M. Dahiru, “A Review on Abattoir Wastewater Treatment for Environmental Health Improvement,” *Journal of Environmental Bioremediation and Toxicology*, vol. 3, no. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.54987/jebat.v3i2.548>