

Evaluación para el proceso de extracción de un Biofloculante a partir de Balso Blanco, (*Heliocarpus Americanus*) para la eliminación de impurezas del jugo de caña panelera en el Municipio de Chipatá, Santander.

Diego Andrés Chacón Pardo y Luis Enrique Zaraza Nieves

**Trabajo de Grado para Optar al Título de:
Profesional en Producción Agroindustrial**

Directora:

Ing. Rosilys Jiménez Rodríguez

Ingeniera Agroindustrial

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Producción Agroindustrial

Bucaramanga

Año 2023

Dedicatoria

Dedicado a mi esposa y mi familia quienes estuvieron atentos en todo el proceso educativo de mi carrera ya que fueron los motores principales para seguir adelante con esta investigación como trabajo de grado para lograr este objetivo.

Diego Andrés Chacón Pardo

Dedicado a todas aquellas personas que me ayudaron hacer posible este trabajo de investigación especialmente a los profesores que con esfuerzo y dedicación me dieron sus conocimientos.

Luis Enrique Zaraza Nieves.

Agradecimientos

Agradecer primero que todo a Dios por darnos la valiosa oportunidad de realizar este proceso investigativo, a cada uno de nuestros familiares por el apoyo y la paciencia que nos brindaron en todo momento, de igual forma los profesores por el tiempo dedicado en sus asesorías, así como el aporte que realizaron en la construcción de nuestro conocimiento a lo largo de esta carrera profesional.

De la misma manera un agradecimiento especial a la Universidad Industrial de Santander por permitirnos hacer parte de esta grandiosa institución y formarnos en ella, gracias a la oportunidad que nos ha brindado de crecer profesionalmente, y en general agradecer a todos y todas las personas que nos brindaron sus aportes para la construcción de este proceso formativo.

Tabla de Contenido

| | Pág. |
|---|-------------|
| Introducción | 14 |
| 1. Objetivos..... | 17 |
| 1.1 Objetivo General..... | 17 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 17 |
| 2. Marco Referencial..... | 18 |
| 2.1 Antecedentes | 18 |
| 2.2 Marco Teórico..... | 20 |
| 2.3 Marco Conceptual..... | 23 |
| 2.3.1 Balso blanco..... | 23 |
| 2.3.2 Taxonomía | 23 |
| 2.3.3 Origen | 24 |
| 2.3.4 Climas | 24 |
| 2.3.5 Usos..... | 24 |
| 2.3.6 Propiedades del Mucílago de Balso | 24 |
| 2.3.7 Clarificantes | 25 |
| 2.3.8 Tipos de Clarificantes | 25 |
| 2.3.9 Características Generales del Biofloculante | 25 |
| 2.3.10 Vida Útil del Biofloculante..... | 25 |
| 2.3.11 Proceso de Elaboracion del biofloculante..... | 26 |
| 2.3.12 Proceso de Elaboración de la Panela | 30 |
| 2.4 Marco Legal | 34 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.4.1 | Ley 09 de 1979..... | 34 |
| 2.4.3 | Resolución 683 del año 2012..... | 34 |
| 2.4.4 | Resolución 2674 del año 2013..... | 35 |
| 2.4.5 | Norma Técnica Colombiana NTC 1311 de 2009 | 35 |
| 2.4.6 | Norma Técnica Colombiana NTC – ISO 22000..... | 35 |
| 3. | Método | 36 |
| 3.1 | Diseño Metodológico..... | 36 |
| 3.2 | Desarrollo Metodológico | 37 |
| 3.2.1 | Establecer las etapas del proceso para la producción de un biofloculante para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera. | 38 |
| 3.2.1.1 | Experimento 1: Prueba Tecnificada Proporción (1:4) | 39 |
| 3.2.1.2 | Experimento 2: Prueba Artesanal Proporción (1:4)..... | 42 |
| 3.2.2 | Comparar dos (2) procesos de elaboración de biofloculante, para identificar los equipos, herramientas y utensilios que evidencien mejores resultados. | 45 |
| 3.2.3 | Determinar mediante ensayos de temperatura ambiente y refrigeración las condiciones favorables que permitan una mayor conservación del biofloculante..... | 46 |
| 4. | Resultados | 47 |
| 4.1 | Establecer las etapas del proceso para la producción de un biofloculante para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera. | 47 |
| 4.1.1 | Análisis de Resultados Etapas de Producción del Biofloculante..... | 47 |
| 4.1.2 | Flujograma Elaboración del Biofloculante | 49 |
| 4.1.3 | Pruebas Control de Calidad | 51 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2 | Comparar dos (2) procesos de elaboración de biofloculante, para identificar los equipos, herramientas y utensilios que evidencien mejores resultados. | 56 |
| 4.2.1 | Equipos, Herramientas y Utensilios Prueba Biofloculante Tecnificado..... | 57 |
| 4.2.3 | Evaluación Resultados de Rendimiento..... | 60 |
| 4.2.4 | Evaluación Resultados de Rendimiento en Clarificación de Jugos | 61 |
| 4.3 | Determinar mediante ensayos de temperatura ambiente y refrigeración las condiciones favorables que permitan una mayor conservación del biofloculante..... | 66 |
| 4.3.1 | Análisis de la Vida Útil Prueba Tecnificada..... | 67 |
| | Conclusiones..... | 72 |
| | Recomendaciones | 75 |
| | Referencias bibliograficas..... | 79 |
| | Apéndices | 79 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1: Descripción Taxonómica del Balso Blanco..... | 23 |
| Tabla 2: Diseño Metodológico | 36 |
| Tabla 3: Desarrollo Experimento 1: Prueba Tecnificada..... | 39 |
| Tabla 4: Desarrollo Experimento 2: Prueba Tradicional | 42 |
| Tabla 5: Resultados Producto Terminado Prueba Tecnificada..... | 48 |
| Tabla 6: Resultados Producto Terminado Prueba Tradicional | 49 |
| Tabla 7: Evaluación Sensorial Experimentos Biofloculante | 51 |
| Tabla 8: Evaluación Fisicoquímica Muestras Biofloculante | 52 |
| Tabla 9: Análisis Microbiológico Prueba Biofloculante Tecnificado | 56 |
| Tabla 10: Análisis Microbiológico Prueba Biofloculante Tradicional | 56 |
| Tabla 11: Equipos y Herramientas Prueba Biofloculante Tecnificado..... | 57 |
| Tabla 12: Equipos y Herramientas Prueba Biofloculante Tradicional | 59 |
| Tabla 13: Evaluación de Rendimientos Biofloculantes Procesados | 60 |
| Tabla 14: Pruebas de Clarificación en Jugos de Caña de Azúcar..... | 62 |
| Tabla 15: Análisis Microbiológico Estimación de Vida Útil..... | 68 |
| Tabla 16: Resultado Análisis Fisicoquímico Estimación de Vida Útil..... | 69 |
| Tabla 17: Evaluación Organoléptica Biofloculante Tecnificado..... | 70 |
| Tabla 18: Resultados Análisis Sensorial Biofloculante Tecnificado | 70 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1: Fotografía de una planta de Balso Blanco..... | 23 |
| Figura 2: Diagrama de Obtención del Mucílago de Balso..... | 27 |
| Figura 3: Proceso de Elaboración de la Panela..... | 32 |
| Figura 4: Flujograma del Proceso de Elaboración del Biofloculante | 50 |
| Figura 5: Proceso de Clarificación en Jugos de Caña de Azúcar | 65 |
| Figura 6: Resultados Clarificación Biofloculante Tecnificado y Tradicional | 65 |
| Figura 7: Comportamiento Crecimiento Microbiológico Biofloculante Tecnificado | 68 |
| Figura 8: Comportamiento Análisis Sensorial Biofloculante Tecnificado | 71 |

Lista de Apéndices

| | Pág. |
|---|-------------|
| Apéndices A: cuestionario de entrevistas a cañicultores acerca del uso del Balso Blanco | 23 |
| Apéndices B: Evidencia fotografica visita trapiche Municipio de chipata | 27 |

Glosario

Aglutinante: Es cualquier sustancia que se usa para mantener cohesionadas otras sustancias dentro de un fluido.

Balso Blanco: Es la especie más usada en procesos de clarificación de la panela en las zonas cañeras húmedas colombianas.

Cachaza: Es un subproducto considerado como un residuo generado en el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar durante la producción de panela.

Caña de Azúcar: Pertenece a la familia de las gramíneas. Tiene características como el tallo leñoso, lleno de un tejido esponjoso y dulce del cual se le extrae el azúcar.

Clarificación: Constituye una etapa de gran importancia y significación en el proceso productivo azucarero, dada la gran cantidad de impurezas y no-azúcares que interesan remover en esta, para la obtención de azúcar con la calidad requerida.

Escaldado: Es un tratamiento térmico en que el alimento se somete a altas temperaturas, tradicionalmente por acción del agua, ya sea por inmersión o en forma de vapor, durante un muy corto período de tiempo (segundos a minutos).

Extracción: Es separar selectivamente el producto de una reacción, o bien eliminar las impurezas que lo acompañan en la mezcla de reacción, gracias a sus diferencias de solubilidad en el disolvente de extracción elegido.

Floculante: Son sustancias químicas que aglutinan sólidos en suspensión en el agua, provocando su precipitación, con lo que se la aclara, se eliminan turbiedades y minerales no recomendables para el consumo humano.

Impureza: Se componen de cogollos, tallos deteriorados, tierra, piedra y otros objetos. Se puede afirmar que por cada uno % de materia extraña entrada al ingenio se pierden 1.5 kg de azúcar por tonelada de caña procesada.

Maceración: Es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer.

Mucílago: Es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad.

Panela: Es un edulcorante natural que se obtiene a partir de la evaporación, concentración y cristalización del jugo de la caña de azúcar.

Resumen

Título: Evaluar el proceso de extracción de un biofloculante a partir de Balso Blanco (*Heliocarpus americanus*.) para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera en el Municipio de Chipatá, Santander.*

Autor: Diego Andrés Chacón Pardo y Luis Enrique Zaraza Nieves.**

Palabras Clave: Corteza de Balso Blanco, Floculante, Maceración, Escaldado, Aglutinante, Extracción de Impurezas, Jugos de Caña Panelera.

Descripción: El presente proyecto de grado está basado en una investigación realizada en el Municipio de Chipatá, Santander tomando como base experimental la corteza de Balso Blanco, en esta investigación se realizaron tres (3) pruebas, de las cuales algunos procedimientos se desarrollaron de forma manual y otros con equipos en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander sede Barbosa, de igual forma se efectuó una prueba experimental en un Trapiche Panelero del Municipio de Chipatá. Estas pruebas se basaron en repeticiones que permitieron identificar las variables tanto dependientes e independientes determinantes de las características finales del biofloculante. Dicha investigación permitió evaluar la posible industrialización de la corteza del Balso Blanco, donde se elaboró un floculante orgánico para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera.

Cabe resaltar que con el desarrollo de este proceso investigativo también se tiene como finalidad la conservación y preservación de la especie nativa de balso blanco la cual está al borde de la extinción por el mal manejo que los campesinos productores de caña panelera le han dado durante décadas, favoreciendo así el cuidado del medio ambiente y el equilibrio de los ecosistemas a través del incentivo del uso de productos orgánicos.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Producción Agroindustrial. Directora: Rosilys Jiménez Rodríguez. Ingeniera Agroindustrial

Abstract

Title: Evaluation the extraction process of a bioflocculant from White Balso (*Heliocarpus americanus*) for the impurities extraction of the sugar cañe juices in Chipatá, Santander.*

Author(s): Diego Andrés Chacón Pardo and Luis Enrique Zaraza Nieves.**

Key Words: White Balso Cortex, Flocculant, Maceration, Scalding, Binder, Impurities Extraction, Sugar Cane Juices.

Description: This graduation project is based on an investigation accomplished in the municipality of Chipatá, Santander taking as experimental basis the cortex of White Balso, three (3) probes were accomplished in this investigation, some of these procedures were done manually and others with equipment in the laboratories of Industrial University of Santander, Barbosa campus, in like manner an experimental trial was done in a sugar mill in Chipatá. These attempts were basen on repetitions that allow to identify both dependent and independent variables which are determinants for the final characteristics of the bioflocculant. This research allows to evaluate the possible industrialization of the white balso cortex, because an organic flocculant for the impurities extraction of the sugar cane juices was elaborated.

It is important to stand out that another objective of this research project in the conservation and preservation of the native species: white balso, which is on verge extinction because of the wrong operation that the farmers producers of sugar cane have given to this product during decades, this can favor the environmental care and the balance of ecosystems through the incentive of organic products use.

* Degree Work

** Institute of Regional Projection and Distance Education. Agroindustrial Production. Director: Rosilys Jiménez Rodríguez. Agroindustrial Engineer.

Introducción

El Balso Blanco (*Heliocarpus americanus*) es una planta comúnmente utilizada por los agricultores y campesinos en las zonas productoras de caña panelera. Su corteza es macerada para la obtención del mucílago que la misma posee, el cual es empleado dentro del proceso de extracción de impurezas de los jugos de caña de azúcar en la transformación agroindustrial de la panela. En la actualidad, la tala indiscriminada y el uso inadecuado e irracional dado a las plantas de balso blanco está poniendo en riesgo de extinción a esta especie nativa. (Rosero , 2010)

La Hoya del Río Suárez, catalogada como la región más importante en el sector panelero en Colombia, cuya principal actividad económica se centra principalmente en la industria de la caña de azúcar siendo ésta la mayor generadora de empleo en la zona, seguida de la Industria del Bocado. A nivel nacional, el sector panelero es el segundo más representativo después del café, en cuanto a extensión de tierras utilizadas, establecimientos productivos, área sembrada como en uso de mano de obra. Esta actividad involucra a trece (13) municipios (5 del Departamento de Boyacá y 8 del Departamento de Santander) y ha sido la fuente de sostenibilidad de muchas familias desde hace más de tres generaciones. Actualmente, hay aproximadamente más de 1.276 trapiches (plantas productoras de panela) que le agregan valor a las 46.000 hectáreas de caña sembradas en la región, de ahí la importancia socioeconómica de esta actividad productiva y el impacto de la misma en la zona (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), 2014).

La Agroindustria Panelera desempeña un papel importante en el desarrollo económico y es una de las actividades de mayor tradición de la Hoya del Río Suárez. En el proceso de obtención de la panela, se llevan a cabo una serie de etapas, entre las que se destacan: la extracción del jugo, limpieza, clarificación, evaporación y punteo, siendo el proceso de clarificado uno de los más determinantes en la calidad del producto final, en cuanto a la textura, color y sabor y otras propiedades de panela. En la actualidad, la Industria Panelera ejerce un rol indispensable dentro del desarrollo socioeconómico de la región, más, sin embargo, a los actores como los floculantes naturales no se les ha dado la importancia que los mismos ameritan dentro del proceso agroindustrial.

Hoy por hoy, resultado de la tradición de décadas atrás, el proceso de obtención del mucílago de balsa como aglutinante se desarrolla de forma muy empírica y rústica, realizado a través de la maceración de la corteza de la planta con piedras y palos, sin tener en cuenta protocolos mínimos de seguridad contemplados por las Buenas Prácticas de Manufactura. No obstante, la panela es un producto alimenticio, por lo tanto, los insumos empelados durante su proceso de industrialización, deben garantizar la inocuidad de la misma para así preservar la salubridad del consumidor final. El método para la obtención del floculante a partir de la cáscara del balsa se realiza mediante técnicas rudimentarias que favorecen que el insumo se contamine fácilmente y que no se le dé el tratamiento óptimo que garantice su calidad para intervenir en la elaboración de un producto alimenticio. Y es que la problemática no sólo radica en el inadecuado proceso de obtención del mucílago, sino que también, el uso de dichas técnicas no permite el aprovechamiento total de la corteza, el floculante se obtiene en bajas concentraciones lo que lleva a mayor desperdicio de

material vegetal, y por ende un uso irracional a las plantas sin ninguna acción de mitigación o reforestación que permitan la conservación de esta especie nativa. (Rosero , 2010)

El mucílago de Balso Blanco, es el principal insumo orgánico utilizado en la región dentro del proceso de clarificación de los jugos de caña panelera, no obstante, su forma empírica de extracción y de uso, distante de los lineamientos requeridos por las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), genera la necesidad y urgencia de desarrollar un proceso investigativo que permita evaluar el proceso de extracción de un biofloculante a partir del balso blanco para la extracción de impurezas del jugo de caña panelera, basado en los principios y exigencias de la BPM, que pueda garantizar una mejor inocuidad al producto, sin afectar las características finales de la panela. Por lo anterior y a pesar de la importancia del mucílago de balso blanco dentro del proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar, a la fecha, no se evidencia existencia de estudios desarrollados en torno al mismo y su uso sostenible en la Hoya del Río Suárez. Dentro de la metodología propuesta, se busca que a través de la experimentación y un enfoque cuantitativo se pueda obtener un mucílago con mayor eficiencia y concentración que mejore los rendimientos del mismo en su papel dentro del proceso productivo de la panela, frente a los procesos de extracción artesanal desarrollados actualmente.

Respecto a lo anteriormente mencionado, con la mejora en la obtención de este biofloculante se garantiza una mayor inocuidad al producto final y la panela como tal, contribuyendo en la región a una de las industrias más importantes social y económicamente hablando, así como también favoreciendo el tema ambiental mediante un uso más racional de esta especie nativa.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar el proceso de extracción de un biofloculante a partir de la corteza de Balso Blanco (*Heliocarpus americanus*) para la eliminación de impurezas de los jugos de la Caña Panelera en el Municipio de Chipatá, Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Establecer las etapas del proceso para la producción de un biofloculante para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera.

Comparar dos (2) procesos de elaboración de biofloculante, para identificar los equipos, herramientas y utensilios que evidencien mejores resultados.

Determinar mediante ensayos las condiciones favorables que permitan una mayor conservación del biofloculante.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

En la Universidad de Nariño, en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Víctor Gabriel Rosero y Manuel Alexander Zabala realizaron un Estudio de Factibilidad para el montaje de una planta productora y comercializadora de un bioclarificante a partir de mucílago de corteza de balsa blanca en el Municipio de Sandoná, Nariño. En este proceso investigativo se realizaron estudios de viabilidad comercial, técnica, económica, financiera y ambiental. En el componente técnico de ingeniería, se propone desarrollar un estudio del proceso de clarificación de la panela, utilizando únicamente la especie de balsa blanca (*Heliocarpus Americanus*) que sirva de base para estandarizar la producción del biofloculante y así mismo permita optimizar la clarificación del jugo de la caña panelera, paralelamente se contribuirá con esto, en lograr equilibrar la balanza del aprovechamiento forestal. (Rosero 2010).

En la Revista NOVA Vol. 5 (Colombia) se encuentra una investigación acerca de la Evaluación de la Eficiencia de Mezclas de Balsa, Guácimo, y Cadillo Secos y en Solución Acuosa en el proceso de clarificación de Jugos de Caña. Estudio realizado por Diana Carolina Vargas Giraldo, Cristian Antonio Ocampo Trujillo, Cristian Camilo León, Sergio Loaiza Orrego, José Alejandro Tunubala Forero y Jefferson Enrique Galvis Londoño; publicado el 26 de Abril del año 2020. En esta investigación se evaluó la eficiencia de mezclas de estos tres floculantes naturales en polvo y solución acuosa en la clarificación de jugo de caña como alternativa para mejorar su utilización como alternativa para optimizar el uso y aplicación de estos floculantes y, así disminuir las

pérdidas, el uso ineficiente y contribuir a la estandarización de los procesos productivos de la panela. (Revista Nova, 2020).

En la Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol. 9 de la Universidad del Cauca de Popayán (Cauca, Colombia) se encuentra el estudio “Extracción y Secado de Floculantes Naturales Usados en la Clarificación de Jugos de Caña” cuyo objetivo de investigación consistió en extraer, modificar y evaluar tres floculantes naturales a partir balso (*Heliocarpus popayanesis*), cadillo (*Triumpheta lappula*) y guácimo (*Guazuma ulmifoliase*) en la etapa de clarificación del jugo de caña en los trapiche paneleros. Investigación realizada por Carlos Alberto Ortiz, Deiby Julián Solano, Héctor Samuel Villada, Silvio Andrés Mosquera y Reinaldo Velasco. Como resultado se buscó determinar la eficiencia de los floculantes en el jugo de caña mediante la realización de pruebas de sólidos insolubles en comparación con el floculante sintético Profloc 985. (Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2011).

2.2 Marco Teórico

En la agroindustria panelera, después de la cosecha de la caña se llevan a cabo una serie de etapas para obtener edulcorantes naturales, tales como extracción del jugo, limpieza y clarificación, evaporación, cocimiento y batido. Dentro de estas etapas sobresale la clarificación, donde el uso de clarificadores naturales o de químicos, determinan la calidad del producto. Una adecuada clarificación del jugo de la caña, contribuye a la calidad nutritiva y sensorial del producto final, en aspectos como el color.

En el proceso de elaboración de la panela, una de las etapas con mayor trascendencia es el proceso de clarificación para la cual se han empleado técnicas como floculación, flotación y calentamiento (o floco-flotación), cuya función es la de eliminar los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales, y algunos compuestos colorantes presentes en los jugos. La clarificación de los jugos de caña se efectúa en la hornilla panelera u horno, donde se suministra el calor necesario para evaporar más del 90% del agua presente en el jugo y así obtener como producto final la panela.

La clarificación se lleva a cabo por flotación, ya que por sedimentación es imposible debido a que las pailas que contienen el jugo se encuentran en ebullición. La clarificación se realiza mediante floculación o aglutinamiento de la impurezas presentes en el jugo, debido a un efecto combinado de temperatura, tiempo y acción de los agentes clarificantes (mucílagos vegetales y/o polímeros químicos). Para obtener productos de calidad nutritiva y organoléptica a través del

control de variables tradicionalmente se han están utilizando plantas mucilaginosas como clarificadoras naturales.

En la agroindustria panelera, la clarificación de los jugos de caña es un punto crítico y se realiza mediante la adición de floculantes que en su mayoría son mucílagos vegetales, los cuales son sustancias obtenidas de tallos, hojas y/o frutos de algunas plantas naturales, que se maceran y se mezclan con agua formando una sustancia mucilaginosa, y al aplicarse al jugo de caña caliente, atrapa los sólidos insolubles presentes en el mismo, formando flóculos de mayor tamaño (cachaza) que pueden retirarse por medios físicos con el propósito de obtener un jugo limpio. La clarificación es la responsable de la limpieza y retención de sólidos insolubles al adicionar floculantes naturales que mejoran el color del jugo extraído, lo cual incide en la presentación del producto final.

Un clarificador natural es una sustancia que tiene la propiedad de hacerla clara, limpiar o darle transparencia al producto aplicado. Por su consistencia babosa atrapa la mayor cantidad de impurezas o no azúcares presentes en el jugo y que han sido coagulados por la temperatura. El efecto se evidencia a temperaturas superiores cuando se calienta jugo en un envase por su característica polar, las fuerzas que unen sus moléculas comienzan a perder cohesión, y al moverse con más rapidez, escapan del líquido y se mezclan con el aire como vapor de agua. Conforme se calienta, más grupos de moléculas que se mueven rápidamente forman burbujas de vapor que migran por convección a la superficie. El arrastre de los no azúcares coagulados (proteínas, grasas, ceras, ácidos orgánicos, sales, otros) a la superficie (flotación) conocidos en la industria panelera como cachaza, se debe a la disminución de su densidad ya que las moléculas orgánicas pequeñas

que contienen grupos funcionales polares se hidratan fuertemente porque las moléculas de agua son atraídas por esos grupos.

El mucílago es un producto de origen vegetal, es una sustancia compleja cuya reacción puede ser ácida o neutra cuya función es diversa, dependiendo de la planta donde se presente y con alto peso molecular superior. Están formados por polisacáridos celulósicos con igual número de azúcares que las gomas y pectinas, por lo que tienden a confundirse con estas, diferenciándose solo en sus propiedades físicas. Los mucílagos en agua producen coloides poco viscosos que presentan actividad óptica. La coagulación con mucílagos genera una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante y el jugo que desestabilizan las fuerzas de interacción entre las partículas produciendo el arrastre de las mismas con el mucílago.

El mucílago es producido en células secretoras especializadas, las cuales, pueden encontrarse en hojas, tallos, raíces y semillas; su presencia o ausencia, así como su función en cualquier estructura, depende de la adaptación e incluso de la supervivencia de cada especie en particular. (Walter Francisco Quezada Moreno & Irenia Gallardo Aguilar, 2014)

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 *Balso blanco.*

El Balso Blanco es una especie tropical de árbol nativo. También se conoce con otros nombres como majaguillo o majagua. (Lagos Burbano & Benavides Arteaga, 2014).

Figura 1:

Fotografía de una planta de Balso Blanco



Nota: Fotografía propia.

2.3.2 *Taxonomía*

Tabla 1

Descripción Taxonómica del Balso Blanco.

| | |
|-------------------|------------------------|
| Reino | Plantae |
| Orden | Malvales |
| Familia | Malvaceae |
| Subfamilia | Grewioideae |
| Genero | Heliocarpus |
| Especie | Heliocarpus americanus |

Nota: Datos tomados de (Lagos Burbano & Benavides Arteaga, 2014)

2.3.3 Origen

Se considera que el origen del Balso Blanco data del continente americano específicamente en Centroamérica por lo cual se considera una especie nativa. (Lagos, 2013).

2.3.4 Climas

El balso (*Heliocarpus americanus*) se desarrolla en un rango altitudinal de 1200 a 1700 m.s.n.m con una precipitación de 1500 – 2500 mm/año y una temperatura que varía entre 18.5 y 21 °C (Rosero, 2010).

2.3.5 Usos

La reacción a la importancia del uso del clarificante de Balso blanco en la limpieza y clarificación de los jugos de la caña de azúcar (Rosero, 2010).

2.3.6 Propiedades del Mucílago de Balso

Este contiene propiedades como carbohidratos y almidones de consistencia gelatinosa que permite la aglomeración de sólidos. (Rosero, 2010).

2.3.7 Clarificantes

Los clarificantes son sustancias químicas u orgánicas que permiten la limpieza de los jugos de caña panelera para aglutinar las impurezas que están presentes del mismo. (Rosero, 2010)

2.3.8 Tipos de Clarificantes

- ✓ **Químicos:** Clarol, cementinas, carbonatos e hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) especialmente. Este compuesto también con el nombre de hiposulfito o ditionito de sodio, es una sal binaria. (Quezada Moreno & Gallardo Aguilar , 2014).

- ✓ **Orgánicos:** Balso blanco, cadillo negro, cadillo blanco, guácimo, cadillo de mula, y juan blanco. (Quezada Moreno & Gallardo Aguilar , 2014)

2.3.9 Características Generales del Biofloculante

El biofloculante es una sustancia mucilagosa de origen vegetal y completamente orgánica que proviene de la corteza de una planta que en este caso es el balso blanco (*Heliocarpus Americanus*). (Rosero, 2010).

2.3.10 Vida Útil del Biofloculante

Para establecer la vida útil del producto hay que tener en cuenta el buen manejo de las prácticas de manufactura BPM para garantizar un producto de calidad, pero también hay que tener en cuenta

que se debe realizar pruebas microbiológicas para evaluar condiciones de almacenamiento que tiene el producto. (Rosero, 2010)

2.3.11 Proceso de Elaboracion del biofloculante

De acuerdo con lo que se observa en la Industria Panelera, actualmente el proceso de obtención y preparación del Mucílago de Balso se realiza directamente en los trapiches, es elaborado de forma empírica y la duración de su vida útil es netamente corta, por lo cual deben usarlo en el menor tiempo posible para evitar deterioros del mismo por fermentación.

Usualmente para la elaboración del clarificante, la corteza es extraída de la planta de balso con ayuda machetes, macerada sobre piedras con ayuda de mazos de madera sin previa limpieza de la misma, llevaba a recipientes de acero inoxidable donde es suspendida en agua para la obtención del mucílago y de ahí mismo es tomado para usarlo en los fondos paneleros para el proceso de descachazado (eliminación de impurezas) del jugo de caña de azúcar.

Figura 2:

Diagrama de Obtención del Mucílago de Balso



Nota: Tomado de Estudio de factibilidad para el montaje de una planta productora y comercializadora de un biofloculante a partir de Mucílago de la corteza de Balso Blanco [Diagrama], Rosero, 2010, Recuperado de <https://sired.udenar.edu.co/5251/1/81747.pdf>.

Sin embargo, con miras al mejoramiento de proceso productivo de la obtención del mucílago de balso, se han desarrollado estudios con propuestas y alternativas que permiten la obtención de un producto más limpio e inocuo que no interfiera ni afecte la calidad de la panela. Las siguientes son etapas de elaboración sugeridas por los estudios ya realizados dentro del proceso de transformación de la corteza de balso en clarificante natural para la eliminación de las impurezas del jugo de caña de azúcar. (Rosero , 2010)

- **Obtención, Recepción y Alistamiento de la Materia Prima:** El primer paso es la obtención de la corteza del balso, proceso que efectúa en árboles de aproximadamente tres (3) años de edad, así mismo se les hace la prueba mediante una pequeña perforación para evaluar el grosor de la corteza (debe oscilar entre 0,3 a 1,5 cm) y su respectivo color el cual debe ser rojo cobriso. Posteriormente la corteza llega a lugar de procesamiento y es pesada en una báscula para medir la cantidad de materia prima que ingresa al proceso y a su vez conocer sus rendimientos.
- **Selección:** Se debe realizar este proceso mediante la inspección visual teniendo en cuenta la madurez de la corteza, estado fresco, libre de daños por plagas y enfermedades, sin indicios de mohos o pudrición.
- **Lavado y Desinfección:** En esta operación la corteza es sometida a un proceso de lavado con Hipoclorito de Sodio en solución con agua.
- **Maceración o Machacado de la corteza de Balso:** La corteza es puesta en una superficie fija, lisa y compacta elaborada en acero inoxidable donde es sometida a una serie de golpes periódicos con la ayuda de un mazo en acero inoxidable u otra herramienta que ejerza presión, se acondiciona la materia prima hasta conseguir que la corteza esté bien machacada.
- **Hidratación:** Consiste en suministrar agua en proporción Peso-Volumen (1:4) (por cada kg de corteza adicionar 1 litro de agua) a una temperatura de 50 °C a la corteza ya macerada

dispuesta en un tanque de acero inoxidable, la mezcla debe agitarse en cuatro (4) sesiones por el transcurso de una hora donde se revuelve durante un (1) minuto a los 15, 30, 45 y 60 minutos respectivamente.

- **Filtrado:** La mezcla debe pasar por un tamiz en acero inoxidable donde debe ser prensada para lograr extraer la mayor cantidad posible de mucílago.
- **Tratamiento Térmico:** Esta operación tiene como objetivo eliminar los microorganismos patógenos a una temperatura de 90°C por cinco (5) minutos en una marmita de acero inoxidable.
- **Empaque:** Consiste en verter la sustancia mucilaginosa en recipientes plásticos por volúmen de llenado. Posteriormente se procede a su respectivo etiquetado y rotulado.
- **Refrigeración y Almacenamiento:** Con la refrigeración se busca conservar el producto aprovechando el descenso de temperatura para retardar significativamente las reacciones bioquímicas de deterioro por microorganismos y enzimas, con esta operación se complementa el tratamiento térmico y se desarrolla en cuartos fríos a temperaturas que oscilen entre los 2 y 4 °C por un tiempo de 2 horas. El almacenamiento se realiza en un lugar fresco a temperatura ambiente, alejado de la luz directa del sol.

- **Control de Calidad:** El control de calidad se puede efectuar mediante Evaluaciones Subjetivas (Evaluación Sensorial) y Evaluaciones Objetivas, es decir, mediante pruebas de laboratorio de control de calidad alimentaria. (Rosero , 2010)

2.3.12 Proceso de Elaboración de la Panela

El proceso de elaboración de la panela, consiste en someter la materia prima a diversos procesos que permitan la extracción del jugo de la caña, el cual es cocido a altas temperaturas hasta formar una melaza bastante densa, para después pasar a unos moldes en forma de prisma donde se deja secar hasta que se solidifique o cuaje. Las siguientes son las etapas generalizadas de la producción de panela:

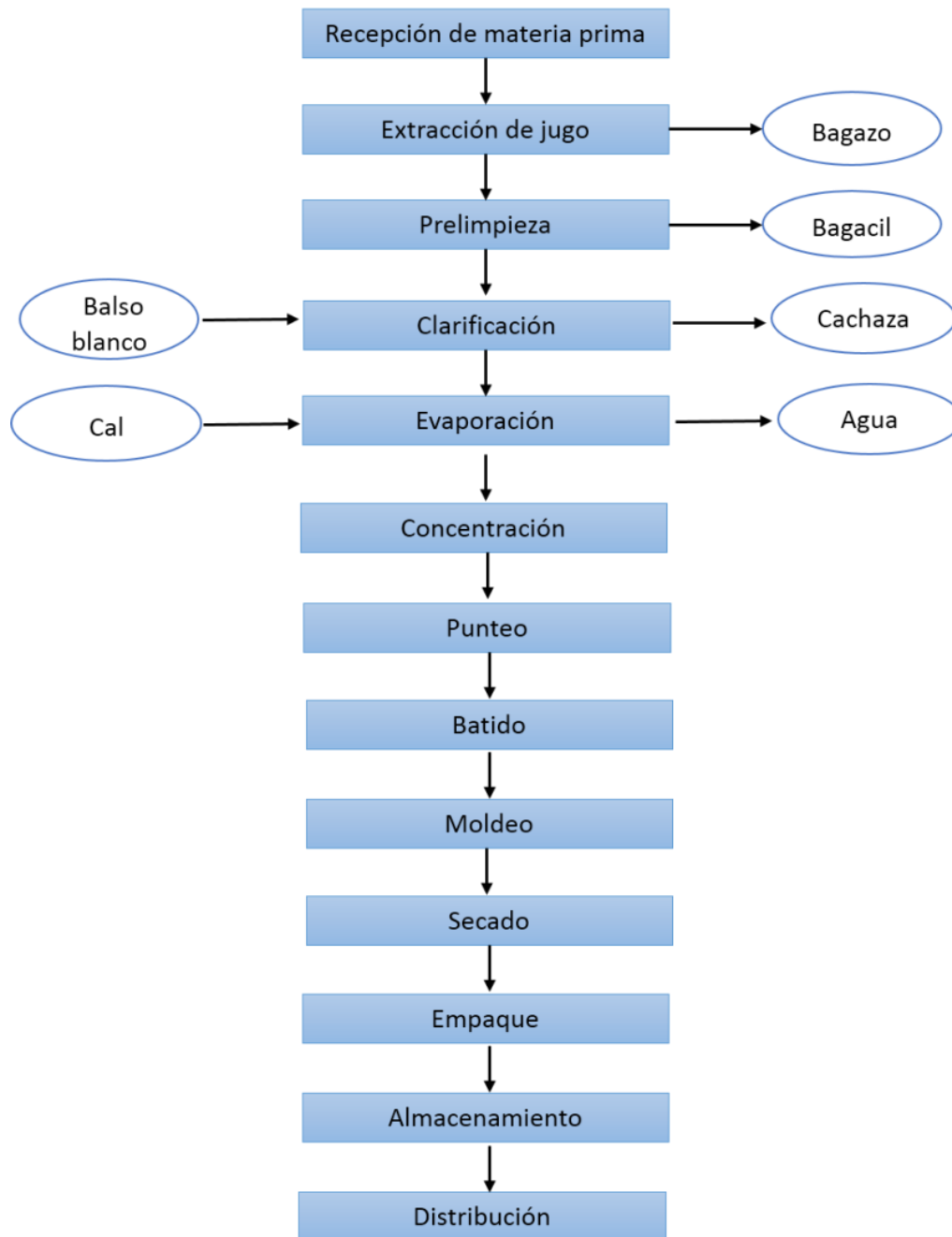
- **Recepción de materia prima:** esta se realiza bajo de techo en el trapiche, más conocido como cañatero. La caña de azúcar es encarrilada para sus posteriores etapas.
- **Extracción de jugo:** Es el paso de caña de azúcar a través de las masas del molino, con esta operación se presa la materia prima y obtiene un 90% aprox. del jugo de la caña panelera.
- **Pre-limpieza:** para realizar esta labor consiste en eliminar por medios físicos y a temperatura ambiente el material grueso con el sale el jugo de caña del molino a través de distintos filtros o tamices.

- **Clarificación:** este proceso tiene como fin eliminar los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos, colorantes presentes en los jugos durante la producción de panela mediante la aglomeración de dichas partículas.
- **Evaporación:** Es la etapa que sigue a la clarificación y en donde el calor suministrado es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (líquido a vapor) eliminándose cerca del 90 % del agua presente.
- **Concentración:** Es la fase final del proceso, se presenta a temperaturas superiores a los 100 °C, en pailas punteadoras o concentradoras.
- **Batido:** En esta etapa se agitan las mieles, una vez han alcanzado el punto de panela y han sido sacadas de la hornilla, con el propósito de cambiar la textura y la estructura, y hacerles perder su capacidad de adherencia.
- **Moldeo y secado:** En esta etapa se le da la forma a la panela que se ha enfriado y se puede dar diferentes presentaciones.
- **Empaque y almacenamiento:** La conservación en un buen estado de durante un tiempo relativamente prolongado es el resultado de la interacción de factores del cultivo y beneficios de la caña, esta puede ser almacenada en bodegas acondicionadas en empaques

adecuados según las condiciones climáticas. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2002)

Figura 3:

Proceso de Elaboración de la Panela



Nota: Descripción de la etapas de la elaboración de la panela donde se evidencia la función del Mucílago de Balso. Diagrama de Elaboración propia.

2.4 Marco Legal

2.4.1 Ley 09 de 1979

El Congreso de la República de Colombia a través de esta ley dicta las Medidas Sanitarias en lo referente a la Protección del Medio Ambiente; el suministro de Agua; la Salud Ocupacional; Saneamiento de Edificaciones; Normas específicas a las que deberán sujetarse los alimentos, drogas, medicamentos, cosméticos y similares; Vigilancia y Control Epidemiológico; Artículos de Uso Doméstico; Desastres, entre otros. (Congreso de Colombia, 1979)

2.4.2 Decreto 3075 de 1997

Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones. Este es el decreto que rige las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) emitido por el Ministerio de Salud y Protección Social mediante el cual se regulan las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos en el territorio nacional. Su finalidad es garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se minimicen los riesgos inherentes durante las diferentes etapas de la cadena de producción. (Ministerio de Salud y Protección Social, 1997)

2.4.3 Resolución 683 del año 2012

Es la resolución que rige las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social mediante el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales objetos, envases y equipamientos destinados a entrar

en contacto con alimentos y bebidas para el consumo humano. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

2.4.4 Resolución 2674 del año 2013

Esta resolución dispuesta por el Ministerio de Salud y Protección Social tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejerzan actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos, y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas. Esta resolución reglamenta el Artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012, el cual dicta la reglamentación en cuanto a los requisitos de notificación sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario, y demás acciones del INVIMA. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

2.4.5 Norma Técnica Colombiana NTC 1311 de 2009

Esta norma establece los requisitos y los ensayos que debe cumplir la panela destinada para el consumo humano. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009)

2.4.6 Norma Técnica Colombiana NTC – ISO 22000

El espíritu de esta norma es armonizar los requisitos para gestión de Inocuidad de los alimentos para toda actividad dentro de la cadena alimentaria. ISO 22000 es un estándar internacional certificable, que especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria, mediante la incorporación de todos los elementos de las Buenas Prácticas de Fabricación

(GMP) y el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC), junto a un sistema de gestión adecuado, que permita a la organización demostrar que los productos que suministra cumplen con los requisitos de sus clientes, así como los requisitos reglamentarios que les son de aplicación en materia de seguridad alimentaria. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2005)

3. Método

3.1 Diseño Metodológico

Tabla 2:

Diseño Metodológico

| | |
|--|--|
| Tipo o Clase de Investigación | La presente investigación tiene como metodología propuesta un enfoque cuantitativo ya que este proyecto se busca evaluar un proceso y los factores que intervienen en el mismo. |
| Método de Investigación | Experimental |
| Sistema de Hipótesis y Variables o de Presupuesto y Categorías de Análisis. | Es posible evaluar el proceso de extracción de un biofloculante a partir de balsa blanca logrando una eficiencia superior al 50% e inocuidad en la obtención mucilago para la eliminación de impurezas de los jugos de la caña panelera, en el Municipio de Chipatá Santander. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Pregunta de Investigación | ¿Cómo evaluar el proceso de extracción de un biofloculante a partir de balsa blanco para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera, en el municipio de Chipatá Santander? |
| Aspectos de Observación | Características organolépticas: Olor, Color, Textura y Características Físico-químicas. |
| Población Objetivo | La población objetivo son los consumidores del producto planteado, es decir, los trapicheros del Municipio de Chipatá, Santander. |
| Selección de la Muestra | Muestra experimental: Se elaboraron dos (2) muestras de biofloculante con diferentes procesos pero con las mismas cantidades de corteza de balsa, una (1) muestra se realizó en Laboratorio Agroindustrial cumpliendo las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y siguiendo indicaciones de estudios previos realizados en torno a la obtención de clarificantes naturales citados en el Marco Referencial, por otra parte se realizó la última prueba de manera artesanal y rudimentaria como ha sido desarrollada desde tiempo atrás por los cañicultores. |

3.2 Desarrollo Metodológico

El desarrollo del proceso investigativo para evaluar el proceso de extracción del biofloculante a partir de la corteza del balsa blanco para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera, se efectuó una metodología descriptiva con un enfoque cuantitativo mediante

experimentos donde se buscó analizar procesos y sus etapas, equipos y herramientas y condiciones de almacenamiento a través de la observación.

3.2.1 Establecer las etapas del proceso para la producción de un biofloculante para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera.

Para cumplir con este objetivo y lograr establecer las etapas del proceso de producción del biofloculante se procedió a la revisión de la literatura existente a través de un análisis minucioso a los estudios e investigaciones realizadas en torno a la obtención del mucílago de Balso Blanco como Clarificante Natural en el proceso de extracción de impurezas del jugo de caña de azúcar, así como también la normatividad vigente en relación a las Buenas Prácticas de Manufactura y de Fabricación.

Dentro de la metodología desarrollada para la identificación de las etapas necesarias para una óptima realización del proceso productivo del biofloculante se realizaron dos (2) experimentos (Una (1) Prueba Tecnificada y una (1) Prueba Artesanal) que permitieran el análisis de sus comportamientos, de los cuales, uno (1) se efectuó con base al procedimiento contemplado en la literatura profundizada y uno (1) conforme a las etapas que se practican hoy en día de forma rudimentaria y que fueron estudiadas mediante la observación directa por medio de visitas a diversos trapiches y entrevistas a algunos cañicultores.



Para el establecimiento de las etapas del proceso de producción del biofloculante se desarrollaron dos (2) experimentos, los cuales se desarrollaron teniendo en cuenta la relación Peso-Volumen (P:V) traducida como la proporción de Corteza respecto a la Cantidad de Agua suministrada al

proceso conforme a resultados de estudios investigativos citados en el Marco Referencial y en las visitas de campo. En los dos (2) experimentos (Tecnificado y Tradicional) se utilizaron las mismas proporciones de Peso – Volumen; $P = (1:4)$, es decir, por una (1) parte de corteza se adicionan cuatro (4) partes de agua.

3.2.1.1 Experimento 1: Prueba Tecnificada Proporción (1:4)


Tabla 3:

Desarrollo Experimento 1: Prueba Tecnificada

| Proceso | Descripción | Registro Fotográfico |
|---|--|--|
| Alistamiento Corteza de Balso | Se procedió a extraer la corteza del tronco del árbol de blanco, cuyo grosor fue de 1,5 cm de espesor y un color rojizo. (Total: 2320g). |  |
| Recepción y Selección de Materia Prima | Se retiró de la corteza los daños por ataque de plagas y enfermedades y posibles deterioros, y se procedió a pesar la materia prima para un total de 2000g. (Desperdicio 320g) |  |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Limpieza, Lavado y Desinfección</p> | <p>Se procedió a eliminar los residuos externos de la corteza del balso y se llevaron las cáscaras al proceso de lavado y desinfección con Hipoclorito de Sodio (NaClO) en concentración del 5,25% en Solución de 1 ml por cada Litro de Agua.</p> |  |
| <p>Maceración y Picado de la Corteza</p> | <p>Se procedió a macerar a corteza en una superficie fija (Mesa en Acero Inoxidable) con ayuda de una Mazo en Acero Inoxidable. De igual forma la corteza se picó en trozos de 2cm x 2cm para facilitar el proceso de extracción del mucílago.</p> |  |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Tratamiento Térmico e Hidratación</p> | <p>De acuerdo a la relación de Proporción de Corteza – Agua (P 1:4), por lo tanto se adicionaron 8 litros de agua a la materia prima previamente macerada y picada, y se sometió al proceso de cocción hasta alcanzar una Temperatura de 90 °C. Se dejó en reposo durante una (1) hora para su hidratación y enfriamiento.</p> |  |
| <p>Extracción del Mucílago</p> | <p>Se procede a la extracción del mucílago de la corteza sometida al proceso de cocción a través de una despulpadora de tal forma que se pueda obtener una mayor cantidad de mucílago.</p> |  |


| | | |
|--|--|--|
| <p style="text-align: center;">Empaque y Almacenamiento</p> | <p>Posterior al proceso de extracción del mucílago, se procedió a separar los residuos y desecharlos, seguido del empaque en recipientes plásticos y se llevó el producto terminado a refrigeración a una temperatura de 3 °C.</p> |  |
|--|--|--|

Nota: Elaboración propia.



3.2.1.2 Experimento 2: Prueba Artesanal Proporción (1:4)


Tabla 4:

Desarrollo Experimento 2: Prueba Tradicional

| Proceso | Descripción | Registro Fotográfico |
|---|---|--|
| <p style="text-align: center;">Alistamiento Corteza de Balso</p> | <p>Se procedió a extraer la corteza del tronco del árbol de blanco, aspectos como el grosor de la corteza no son tan relevantes, sin embargo la madurez si es un factor importante.</p> |  |

| | | |
|---|--|--|
| Recepción y Selección de Materia Prima | En el Proceso Artesanal la selección de la materia prima fue poco minucioso y detallista, y el pesaje se efectúa al tanteo. Para el caso se procedió a pesar un total de 2000g de corteza. |  |
| Limpieza, Lavado y Desinfección | En el proceso artesanal no se efectuó la eliminación de las impurezas y residuos de la cáscara, se realizó un lavado superficial con agua sin tratamiento alguno. |  |
| Maceración de la Corteza | Se procedió a macerar la corteza sobre una piedra en la que usualmente se hace en los trapiches, esto con ayuda de un Mazo de Madera. En este caso no se picó la corteza en trozos. |  |

| | | |
|---------------------------------------|---|--|
| <p>Hidratación</p> | <p>De acuerdo a la relación de Proporción de Corteza – Agua (P 1:4), se suministraron ocho (8) litros de agua en una batea en acero inoxidable donde se encuentra depositada la materia prima previamente macerada, en este caso no se efectuó proceso térmico.</p> |  |
| <p>Extracción del Mucílago</p> | <p>Dispuesta la mezcla de agua y corteza macerada, con ayuda de una pala de madera se procedió a revolverla durante más o menos 15 minutos hasta conseguir la extracción de la sustancia mucilaginosa. Se dejó en suspensión durante una (1) hora.</p> |  |

| | | |
|--|--|--|
| <p style="text-align: center;">Empaque y Almacenamiento</p> | <p>Se procedió a separar los residuos y desecharlos, y se empacó en recipientes plásticos y se llevó el producto terminado a refrigeración a una temperatura de 3 °C. Usualmente el mucílago no es empacado en los trapiches puesto que se usa directamente de la batea y permanece a temperatura ambiente por 24 horas aprox.</p> |  |
|--|--|--|

Nota: Elaboración propia.

3.2.2 Comparar dos (2) procesos de elaboración de biofloculante, para identificar los equipos, herramientas y utensilios que evidencien mejores resultados.

Para el reconocimiento de los equipos, herramientas y utensilios requeridos para desarrollar un proceso que permita el menor desperdicio y aprovechamiento de la corteza del Balso Blanco y que garantice una mayor concentración del mucílago se realizó una exhaustiva revisión de las investigaciones abordadas a la fecha en torno al procesamiento del mucílago como clarificante natural.

Conforme a lo anterior se elaboró un listado de los posibles equipos, herramientas y utensilios a emplear durante el desarrollo de los dos (2) experimentos que permitieran documentar los requerimientos en cuanto a equipos, herramientas y utensilios idóneas para garantizar una extracción óptima del biofloculante y que repercuta en un mayor rendimiento en la extracción del mucílago del Balso Blanco.

3.2.3 Determinar mediante ensayos de temperatura ambiente y refrigeración las condiciones favorables que permitan una mayor conservación del biofloculante.

Para la determinación de las características de las condiciones favorables que garanticen un mayor tiempo de conservación del biofloculante, se tomaron dos (2) muestras, una por cada experimento (Prueba Tecnificada y Prueba Tradicional) las cuales se enviaron al Laboratorio de Control Microbiológico y fueron sometidas a un Análisis Microbiológico como punto de partida para la especificación del grado de contaminación por microorganismos durante el proceso de elaboración y la identificación o recuento de los mismos en el producto. Conforme a los resultados que sean obtenidos, se define la realización posterior de un Análisis Microbiológico para la Estimación de la Vida Útil en Tiempo Real, teniendo en cuenta los resultados previos del Análisis Microbiológico de cada muestra, efectuando dicho estudio sólo para las muestras del producto hayan mostrado resultados favorables en lo referente a su calidad e inocuidad.

A través del Análisis Microbiológico para la Estimación de la Vida Útil en Tiempo Real se buscó evaluar el comportamiento de las muestras que no hayan presentado alteración en el Análisis

Microbiológico. Para la realización de este estudio se almacenaron las muestras en condiciones de refrigeración a una temperatura de 3 ° C y manteniendo una humedad relativa del 58%, donde se efectuaron Análisis Microbiológicos, Análisis Fisicoquímico y Análisis Sensorial durante un periodo de quince (15) días (en secuencia de 1, 5, 6, 8, 12 y 15 días), esto con el fin de evaluar su evolución y cambios en sus características organolépticas, descartar posibles alteraciones microbiológicas, procesos de fermentación, putrefacción y descomposición durante dicho periodo.

4. Resultados

Dentro del proceso investigativo para evaluar el biofloculante a partir del balso blanco para la extracción de las impurezas del jugo de la caña panelera, y siguiendo cada una de las estrategias propuestas en el método con el fin de lograr los objetivos de investigación planteados, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1 Establecer las etapas del proceso para la producción de un biofloculante para la extracción de impurezas de los jugos de la caña panelera.

4.1.1 Análisis de Resultados Etapas de Producción del Biofloculante

- **Análisis Experimento 1 Prueba Tecnificada Proporción (1:4):**

Como resultado de este experimento se pudo obtener un biofloculante con un mínimo de partículas de suciedad e impurezas, se observó un producto más limpio y sin residuos, y con un color Naranja Vívido, mucílago de apariencia uniforme y una textura al tacto muy espesa y consistente.

Se pudieron identificar las diferentes etapas del proceso de obtención del mucílago que se consideran factor relevante para un mayor aprovechamiento de la corteza, mínima presencia de partículas de suciedad, de acuerdo con el uso de equipos y herramientas y las condiciones de las instalaciones de proceso, se pudo obtener el biofloculante con mayor asepsia garantizando una mayor inocuidad en el producto final frente al método tradicional.

En lo referente a Producto Terminado (Biofloculante Tecnificado) conforme a las materias primas ingresadas al proceso que fueron 2000g de Corteza de Balso Blanco limpia y seleccionada a la cual se le añadieron 8000cc de Agua de acuerdo con la Proporción (1:4), se obtuvo un total del 5000cc de Biofloculante con un peso de 4464g cuyos residuos y desechos de corteza al finalizar el proceso de extracción fueron de 2450g.

Tabla 5:

Resultados Producto Terminado Prueba Tecnificada

| Resultados Proceso Elaboración Biofloculante Tecnificado | | | | |
|---|-------------|--|--------------------------------------|----------------|
| Materias Primas | | Residuos Finales de Proceso (Corteza) | Producto Terminado (Mucílago) | |
| Corteza Balso | Agua | | Masa | Volumen |
| Proceso: 2000g | 8000 cc | 2450g | 4464g | 5000cc |
| Residuos: 320g | | | | |

Nota: Elaboración Propia

- **Análisis Experimento 2 Prueba Artesanal Proporción (1:4):**

La prueba artesanal arrojó como resultado un biofloculante con bastantes residuos y partículas de impurezas y suciedad provenientes de la corteza del balso y de los elementos empleados en la primera etapa de maceración.

El color del producto final fue un Marrón Oscuro, mucílago de apariencia visual clara y poco turbia, sin embargo, se evidenció mucha presencia de residuos de corteza y suciedad. En conformidad a las herramientas empleadas en su proceso de obtención y a las instalaciones donde se desarrolló, hubo menor asepsia frente al método tecnificado y por ende una menor inocuidad en el producto final.

En lo referente a Producto Terminado (Biofloculante) conforme a las materias primas ingresadas al proceso que fueron 2000g de Corteza de Balso Blanco a la cual no se le retiró ningún tipo de suciedad o daño, se le añadieron 8000cc de Agua de acuerdo con la Proporción (1:4), se obtuvo un total del 6000cc de Biofloculante con un peso de 5440g cuyos residuos y desechos de corteza al finalizar el proceso de extracción fueron de 2325g.

Tabla 6:

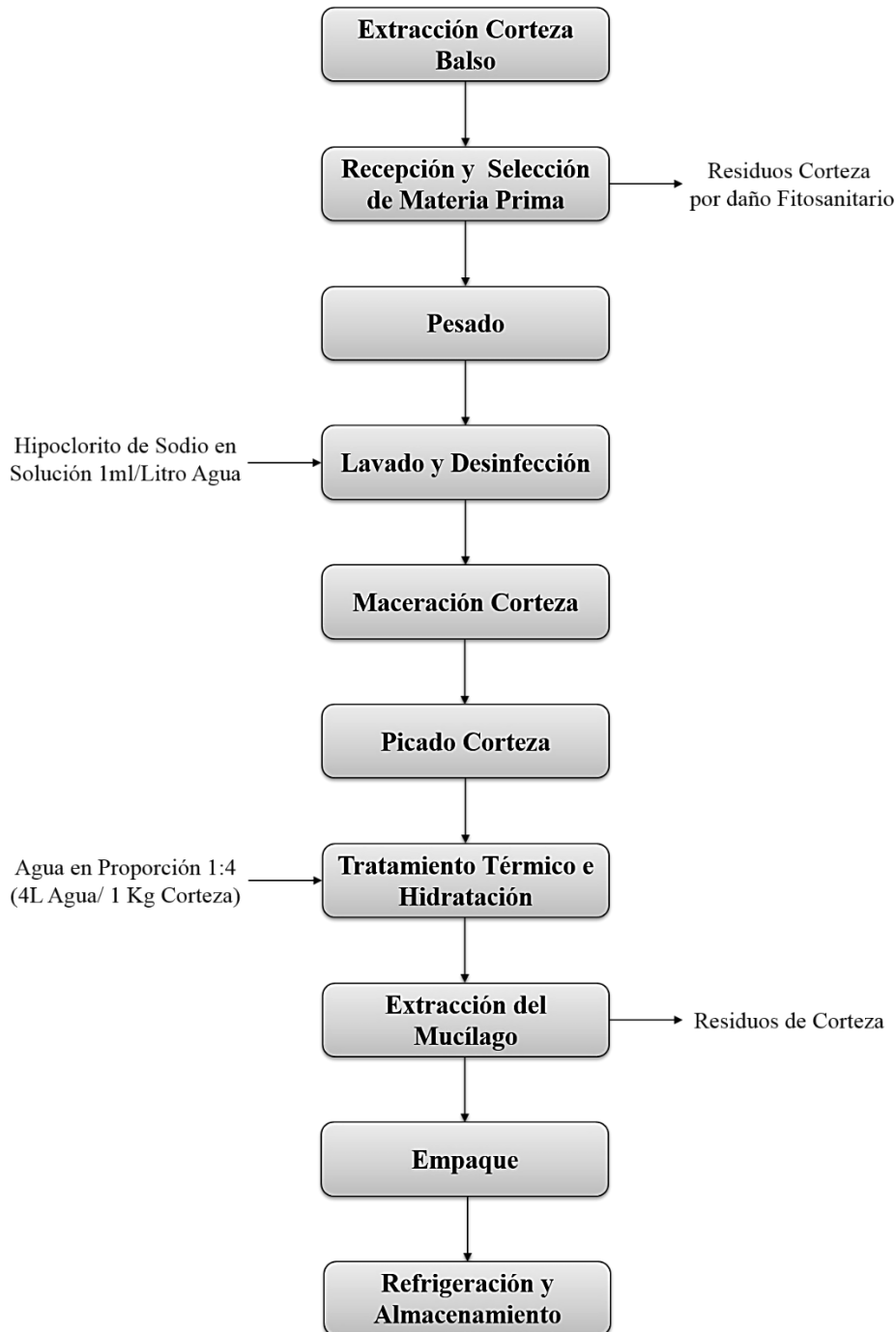
Resultados Producto Terminado Prueba Tradicional

| Resultados Proceso Elaboración Biofloculante Tradicional | | | | |
|---|-------------|---|--------------------------------------|----------------|
| Materias Primas | | Residuos o Desechos de Proceso (Corteza) | Producto Terminado (Mucílago) | |
| Corteza Balso | Agua | | Masa | Volumen |
| 2000g | 8000 cc | 2325g | 5440g | 6000cc |

Nota: Elaboración Propia

4.1.2 Flujograma Elaboración del Biofloculante

De acuerdo con los experimentos desarrollados y el análisis de los resultados obtenidos para cada proceso, y teniendo en cuenta la literatura, se determinan las siguientes etapas para una óptima elaboración del biofloculante:

Figura 4:*Flujograma del Proceso de Elaboración del Biofloculante*

Nota: Este diagrama representa las diferentes etapas para la elaboración del biofloculante basado en los experimentos y la consulta de investigaciones ya realizadas. Elaboración propia


4.1.3 Pruebas Control de Calidad

4.1.3.1 Evaluación Subjetiva

La Evaluación Subjetiva o Sensorial se realizó empleando los sentidos (Visual, Olfato y Tacto) a través de la observación directa de los productos terminados tanto del Experimento Tecnificado como del Experimento Tradicional. El análisis de colorimetría se efectuó en base a la Paleta de Colores del Modo de Color Hexadecimal y sus respectivos códigos.

Tabla 7:

Evaluación Sensorial Experimentos Biofloculantes

| Descripción/Característica Organoléptica | Experimento 1: Prueba Tecnificada | Experimento 2: Prueba Artesanal |
|--|--|------------------------------------|
| Registro Fotográfico |  | |
| Color | Naranja Vívido (#FF8a14) | Marrón Oscuro (#3F2817) |
| Olor | Característico del Producto | Característico del Producto |
| Textura al Tacto | Muy Espesa y Viscosa | Clara y Viscosa |

Nota: Elaboración Propia

4.1.3.2 Evaluación Objetiva

La Evaluación Objetiva se desarrolló con el fin de determinar algunas Características Físicoquímicas del producto terminado tales como pH, Acidez y Turbiedad y el Análisis Microbiológico,

- **Análisis Físicoquímico Prueba Tecnifica y Prueba Tradicional**

Para la toma de estas medidas físicoquímicas, se tomaron muestras de los dos experimentos (Tecnificado y Tradicional) y fueron enviadas para su respectivo estudio al Laboratorio Físicoquímico y Microbiológico.

Tabla 8:

Evaluación Físicoquímica Muestras Biofloculante

| Concepto | Prueba Tecnificada | Prueba Tradicional |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| pH | 5,77 (Unidades) | 6,82 (Unidades) |
| Acidez | 383,46 mg CaCO ₃ /L | 63,91 mg CaCO ₃ /L |
| Turbiedad | 862 UNT | 38,7 UNT |
| Conductividad | 1409 μS/cm | 198,9 μS/cm |

Nota: Elaboración Propia – Fuente: Resultados Análisis de Laboratorio (Ver Anexos 3 y 4)

Los datos reflejados en la anterior tabla fueron resultados de las diferentes pruebas que fueron tomadas posteriormente de finalizados los Procesos de Elaboración de los Biofloculante a Temperatura Ambiente. Los diferentes análisis (pH, Acidez, Turbiedad y Conductividad) se efectuaron a las muestras de dos (2) de los experimentos realizados tanto al tecnificado como al tradicional.

El **pH** permitió medir de manera rápida el grado de acidez (iones de hidrógeno) del mucílago procesado cuyo rango de aceptación para esta variable de control en el proceso es de 0,10 – 6,34 a Temperatura Ambiente (Rosero , 2010). De acuerdo con lo anterior la Muestra de la Prueba Tecnificada mostró un **pH de (5,77)** y la Muestra de la Prueba Tradicional mostró un **pH de (6,82)**, por lo tanto, la muestra de la Prueba Tecnificada se encuentra dentro del rango que aceptabilidad mientras que la Prueba Tradicional supera el valor y se encuentra fuera del rango.

En lo referente a la **Acidez Titulable**, el ácido más predominante en el Biofloculante tanto Tecnificado como en el Tradicional es el **Carbonato de Calcio (CaCO₃)**. El Carbonato de Calcio (CaCO₃) tiene relación directa con la Corrección del pH de los jugos de caña de azúcar, su uso tiene como fin mejorar el color y evitar que se acidifique el jugo y ocurra la hidrólisis durante el proceso de producción de la panela (la hidrolisis en la panela es la inversión de la sacarosa, factor de vital importancia, ya que afecta los parámetros de solidificación, dureza, turbidez y color de la misma). La adición de carbonado de calcio (CaCO₃) de grado alimenticio actúa como un auxiliar en el proceso de clarificación, ayudando a neutralizar la acidez del jugo. (Fundación Universitaria de San Gil, 2014).

En el Biofloculante Tecnificado se mostró una Acidez Titulable de **383,46 mg de CaCO₃** por cada Litro de producto mientras que el Biofloculante Tradicional presentó un valor de **63,91 mg de CaCO₃** por cada Litro del mismo. En lo referente a las concentraciones de Carbonato de Calcio (CaCO₃) de cada Biofloculante (Tecnificado y Tradicional) debe tenerse en cuenta que cuanto más alta sea la misma, menor deberá ser la aplicación de Cal a los jugos. Sin embargo, en la mayoría de trapiches el proceso de encalado se realiza sin tener en cuenta la acidez, es decir, se realiza

empíricamente. Normalmente, la adición de Carbonato de Calcio depende de la experticia del operario sin tener en cuenta las condiciones y características de los jugos.

La **Turbidez** es una medición óptica que indica la presencia de partículas suspendidas de un fluido. La Prueba de Turbidez para la Muestra de la Prueba de Biofloculante Tecnificado mostró un resultado de **862 UNT** (Unidades Nefelométricas de Turbidez), sin embargo, para la Muestra de la Prueba de Biofloculante Tradicional y con una diferencia bastante significativa registró un resultado de **38,7 UNT**.

Para el caso de la Prueba Tecnificada el resultado evidencia una alta concentración de sólidos totales en suspensión por su textura muy viscosa producto de la extracción del mucílago por medio de la despulpadora, frente a un resultado relativamente bajo de la Prueba Tradicional que tiene una menor concentración de sólidos en suspensión.

En lo relación a la **Conductividad**, en una solución acuosa es la medida de su capacidad para conducir la electricidad. En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad.

Respecto a los resultados obtenidos a cada una de la muestras, el análisis efectuado a la Prueba de Biofloculante Tecnificado mostró una conductividad de **1409 $\mu\text{S}/\text{cm}$** (micro Siemens/cm) frente a una conductancia de **198,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$** para la prueba del Biofloculante Tradicional o No Tecnificado. Lo anterior, demuestra una mayor concentración de sólidos disueltos en la Muestra del Biofloculante Tecnificado.

- **Análisis Microbiológico Prueba Tecnifica y Prueba Tradicional**

Mediante la realización de los Análisis Microbiológicos, se buscó evaluar de manera objetiva las condiciones higiénicas y de inocuidad de cada producto, tanto para el Biofloculante Tecnificado como para el Biofloculante Tradicional. El control microbiológico permite identificar la cantidad de microorganismos que están presentes en el producto. Para la realización de las Pruebas Microbiológicas se envió una (1) muestra de cada experimento (Tecnificado y Tradicional) al Laboratorio Control Microbiológico. Una vez fueron culminados los procesos de elaboración de los biofloculantes, se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de 3 ° C y se enviaron las respectivas muestras bajo las mismas condiciones al laboratorio.

En cuanto a los resultados obtenidos se pudo evidenciar que la Prueba Tecnificada no presentó alteración alguna comparada con la Prueba Tradicional que mostró alteraciones estando fuera de los rangos aceptables en cuatro (4) de los cinco (5) ítems estudiados, lo cual se traduce en que dicho producto puede representar un foco de contaminación dentro del proceso de elaboración de la panela. Para el caso de la muestra del Biofloculante Tradicional presentó alteración microbiológica en los Coliformes Totales que se traduce en indicadores deficientes de condiciones de aseo o fallas en los procesos de limpieza y desinfección. En cuanto a los Coliformes Fecales también indicaron variación que evidencia indicadores de contaminación fecal, por mal aseo, incumplimiento de los procesos de limpieza y desinfección o contaminación cruzada. A su vez, en referente a los Aerobios Mesófilos y Levaduras, también hay alteración, lo que demuestra indicadores de contaminación ambiental. Por lo anterior, la Prueba de Biofloculante Tecnificada demuestra mayores indicadores de inocuidad frente a la Prueba de Biofloculante Tradicional.

Tabla 9:*Análisis Microbiológico Prueba Biofloculante Tecnificado*

| Experimento | Análisis Microbiológico | Resultado | Valores Permitidos |
|---|----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Experimento 1: Prueba Tecnificada Proporción 1:4 | Aerobios Mesófilos (UFC/g) | < 10 UFG/g | 1.000 – 3.000 |
| | Coliformes Fecales (NMP/g) | < 3 NMP/g | < 3 |
| | Coliformes Totales (NMP/g) | < 3 NMP/g | < 3 |
| | Levaduras (UFC/g) | 8.0×10^1 UFC/g | 100 - 200 |
| | Mohos (UFC/g) | < 10 UFG/g | 100 - 200 |

Nota: Elaboración Propia – Fuente: Resultados Análisis de Laboratorio (Ver Anexo 5)

Tabla 10:*Análisis Microbiológico Prueba Biofloculante Tradicional*

| Experimento | Análisis Microbiológico | Resultado | Valores Permitidos |
|---|----------------------------|--|--------------------|
| Experimento 2: Prueba Tradicional Proporción 1:4 | Aerobios Mesófilos (UFC/g) | <u>8.4×10^3 UFC/g</u> | 1.000 – 3.000 |
| | Coliformes Fecales (NMP/g) | <u>1100 NMP/g</u> | < 3 |
| | Coliformes Totales (NMP/g) | <u>1100 NMP/g</u> | < 3 |
| | Levaduras (UFC/g) | <u>4.9×10^2 UFG/g</u> | 100 - 200 |
| | Mohos (UFC/g) | 1.1×10^2 UFG/g | 100 - 200 |

Nota: Elaboración Propia – Fuente: Resultados Análisis de Laboratorio (Ver Anexo 6)

4.2 Comparar dos (2) procesos de elaboración de biofloculante, para identificar los equipos, herramientas y utensilios que evidencien mejores resultados.

Dentro del proceso evaluativo para la elaboración del Biofloculante a partir del Balso Blanco, se emplearon diversos equipos, herramientas y utensilios que influyen de forma directa en el producto final.

4.2.1 Equipos, Herramientas y Utensilios Prueba Biofloculante Tecnificado

En el proceso de elaboración del biofloculante a través del Método Tecnificado se buscó aprovechar la mayor cantidad de la corteza posible para su respectiva extracción del mucílago, así como también poder garantizar la asepsia e inocuidad en cada una de las etapas de obtención del mismo. Con el uso de estos equipos, herramientas y utensilios se consiguió una mayor inocuidad del biofloculante reflejada en los resultados de los Análisis Microbiológicos, factor que repercute de forma directa en duración de la vida útil del mismo. Del mismo modo, también se consiguió obtener un mucílago con un mayor grado de espesor y textura muy viscosa, evidenciando una mayor concentración sólidos reflejados en los resultados de turbidez y conductancia, siendo el método tecnificado una alternativa de mejoramiento a la hora de que buscar aumentar su rendimiento al momento de su uso.

Tabla 11:

Equipos y Herramientas Prueba Biofloculante Tecnificado

| Experimento 1: Prueba Biofloculante Tecnificado | |
|--|--|
| Operación y/o Proceso | Equipos, Herramientas y Utensilios |
| Alistamiento Corteza de Balso | Se utilizó un machete marca Bellota Ref. 465, Pulido Cacha Bimaterial. REF: 465 PBM. |

| | |
|---|--|
| | <p>25 x 60 x 440 mm.</p> <p>Peso. 0,485 kg.</p> |
| <p>Recepción y Selección de Materia Prima.</p> | <p>En esta operación se utilizó equipo y utensilios:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Báscula eléctrica con capacidad de 200 kg, medidas de plataforma 30 x 40 cm. -Meza en Acero Inoxidable en medidas de 3 metros de larga por 1 metro de ancha, por 1.90 metros de alta. |
| <p>Limpieza, Lavado y Desinfección.</p> | <p>En esta operación se utilizaron distintas herramientas y utensilios tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cuchillos en Acero Inoxidable, con una hoja con filo recto y cacha de polipropileno. -Tabla Plástica con especificaciones tales como un largo de 38 cm x 29 cm de ancho. -Tanque de Inmersión en Acero Inoxidable con capacidad de 200 litros. |
| <p>Maceración y Picado de la Corteza.</p> | <p>Se realizó la maceración con un Mazo en Acero Inoxidable y una Mesa en Acero Inoxidable y el picado de la Corteza se realizó con Cuchillos en Acero Inoxidables con hoja de filo recto y Cacha de Polipropileno.</p> |
| <p>Tratamiento Térmico e Hidratación.</p> | <p>En este proceso se utilizó una marmita pequeña en acero inoxidable con una capacidad de 50 litros. Una pala con mango en acero inoxidable y espátula en plástico.</p> |
| <p>Extracción del Mucílago</p> | <p>Se utilizó una Despulpadora en Acero Inoxidable con una capacidad de 300 a 400 kg / h.</p> <p>Medidas: Frente 70 cm, fondo 60 cm y altura 130 cm.</p> |
| <p>Empaque y Almacenamiento</p> | <p>Recipientes plásticos con capacidad de 300 cc.</p> <p>Equipo de Refrigeración.</p> |

Nota: Elaboración Propia.

4.2.2 Equipos, Herramientas y Utensilios Prueba Biofloculante Tradicional

La Prueba Tradicional se desarrolló en base a la información recopilada en las visitas realizadas a los trapiches de la zona, los equipos, herramientas y utensilios empleados se seleccionaron conforme se desarrolla empíricamente en la actualidad en la región. El empleo de estos equipos, herramientas, y utensilios dio como resultado un biofloculante con mayor cantidad de impurezas y residuos de corteza, con los mismos se logró una menor inocuidad en el proceso resultado evidenciado en los análisis microbiológicos, lo cual interfiere de forma directa en la vida útil del producto. Se obtuvo un mucílago con exceso de partículas de suciedad, con un menor grado de espesor y textura poco viscosa, evidenciando una menor concentración sólidos como se reflejó en los resultados de turbidez y conductividad.

Tabla 12:

Equipos y Herramientas Prueba Biofloculante Tradicional

| Operación y/o Proceso | Equipo, Herramientas y Utensilios |
|--|--|
| Alistamiento Corteza de Balso | Se utilizó un machete marca Bellota Ref. 465, Pulido Cacha Bimaterial. REF: 465 PBM. 25 x 60 x 440 mm. Peso: 0,485 kg. |
| Recepción y Selección de Materia Prima. | En esta operación se utilizó sólo se usó un equipo el cual fue una báscula eléctrica con capacidad de 200 kg. Medidas de plataforma 30 x 40 cm. |
| Maceración de la corteza | Se utilizó para este proceso una piedra y un mazo de madera. |
| Extracción del mucilago. | En esta operación se utilizó un tanque en acero inoxidable y una pala de madera. |

| | |
|---------------------------------|---|
| Empaque y almacenamiento | Se realizó el respectivo empaque en recipientes plásticos con una capacidad de 300cc. Se almacenó en un equipo de refrigeración. |
|---------------------------------|---|

Nota: Elaboración Propia.

4.2.3 Evaluación Resultados de Rendimiento

Conocidos los equipos, herramientas y utensilios que intervinieron en los procesos de obtención del Biofloculante tanto Tecnificado como Tradicional, se procedieron a efectuar algunos cálculos que permitieran evaluar resultados en rendimiento y eficiencia de los productos finales. Los datos consignados en el siguiente cuadro fueron tomados de los resultados de producto terminado para cada una de las pruebas tanto para el método tecnificado como para el tradicional que se mostraron en la evaluación de las etapas de elaboración del biofloculante.

Tabla 13:

Evaluación de Rendimientos Biofloculantes Procesados

| Descripción | Prueba Tecnificada | Prueba Tradicional |
|---|---|--|
| Relación Proporción Corteza/Agua | P (1:4) = 2000g Corteza:8000cc Agua | P (1:4) = 2000g Corteza: 8000cc Agua |
| Concentración En Proceso = Masa Sólido (g) / Volumen Disolución (l) | C = 2000g/8 Litros C = 250g/L C = 250g de Corteza por cada Litro de Agua. | C =2000g/8 Litros C = 250g/L C = 250g de Corteza por cada Litro de Agua. |
| Rendimiento = (Producto Terminado (g) / (Materia Prima + Insumos (g))) x 100 | R = PT 4464g / (2000g Corteza +8000g Agua) R = 0, 4464 x 100 = 44,64% | R = PT 5440g / (2000g Corteza + 8000g Agua) R = 0,544 x 100 = 54,4% |

| | | |
|--|---|---|
| Densidad = masa (g) / volumen (cm ³). Para medir la densidad se tuvo en cuenta el volumen frente a la masa del producto terminado. | Volumen Producto Terminado= 5000ml Peso Producto Terminado = 4464g D= m/v D = 4464g/5000ml = 0,89g/ml | Volumen Producto Terminado= 6000ml Peso Producto Terminado = 5440g D= m/v D = 410g/420cc = 0,91g/ml |
|--|---|---|

Nota: Elaboración propia

En conformidad con los anteriores resultados se puede evidenciar que tanto para la Prueba Tecnificada como para la Tradicional se tuvieron las mismas concentraciones o se suministró la misma cantidad de corteza en contraste con el agua adicionada al proceso para los dos experimentos. En cuanto al rendimiento en producto terminado la Prueba Tradicional mostró un mejor comportamiento con un rendimiento del 54,4% frente a un 44,64% de la Prueba Tecnificada, a pesar de ser un producto con una textura más espesa y menos acuosa que el tradicional. En cuanto a la densidad, la Prueba Tecnificada muestra una menor densidad frente a la Prueba Tradicional, eso se traduce, que en la masa del Prueba Tecnificada ocupa un mayor volumen frente a la Prueba Tradicional. Las dos (2) pruebas muestran densidades inferiores al agua.

4.2.4 Evaluación Resultados de Rendimiento en Clarificación de Jugos

Para evaluar el comportamiento en rendimiento en el proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar las muestras del biofloculante obtenido a partir de las Pruebas Tecnificada y Tradicional fueron sometidas a proceso de clarificación en igualdad de condiciones. Las dos (2) muestras se usaron en jugo de la caña de azúcar del mismo lote. Las cantidades de mucílago empleadas en esta

prueba se calcularon en base a indicaciones dadas por los cañicultores de la zona en cuanto a la forma en qué se usa actualmente y algunos datos contemplados en la literatura estudiada. Generalmente, se aplican entre 15 y 30 litro de solución de Clarificante Natural por cada 500 Litros de Jugo de Caña a clarificar, sin embargo, la variación en la aplicación del mismo depende las características del jugo y conforme a la evaluación que se le haga al mismo por parte del operario de turno y su experticia. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2002)

Para la realización de los experimentos y deducir la cantidad de biofloculante a emplear, se procedió al calcular el punto intermedio del intervalo de aplicación (15-30 Litros), para lo cual se sumó el límite superior e inferior ($30 + 15 = 45$). El resultado dividido entre 2 ($45 / 2 = 22,5$). El resultado es el punto medio del intervalo, es decir, 22,5 L por 500 Litros de Jugo de Caña. Para efectos del experimento, se calcula la proporcionalidad mediante regla de tres simple, para 1000cc de Jugo de caña a clarificar, por lo tanto se emplearon 45cc de las dos muestras de biofloculante.

Tabla 14:

Pruebas de Clarificación en Jugos de Caña de Azúcar

| Descripción | Biofloculante Tecnificado | Biofloculante Tradicional |
|--|---|--|
| Características Físicoquímicas del Jugo de Caña a clarificar. | Volumen empleado: 1000cc pH: 4,93 Acidez: 958 mg CaCO ₃ /L Grados Brix: 17,25 Turbiedad: 7980 UNT Conductividad: 2006 μS/cm | Volumen empleado: 1000cc pH: 4,93 Acidez: 958 mg CaCO ₃ /L Grados Brix: 17,25 Turbiedad: 7980 UNT Conductividad: 2006 μS/cm: |

| | | |
|--|--|--|
| Características Físicoquímicas Mucílago Empleado | Volumen empleado: 45cc pH: 5,77 Acidez: 958 mg CaCO ₃ /L Turbiedad: 862 UNT Conductividad: 1409 μS/cm | Volumen empleado: 45cc pH: 6,82 Acidez: 63,91 mg CaCO ₃ /L Turbiedad: 38,7 UNT Conductividad: 198,9 μS/cm |
| Temperatura de Clarificado | Adición Clarificante: 50 °C Inicio clarificado: 65°C Fin Clarificado: 78°C | Adición Clarificante: 50 °C Inicio clarificado: 69°C Fin Clarificado: 80°C |
| Tiempo de Proceso Clarificado | Adición Clarificante: 4:05 min Inicio Descachazado: 09:40 min Fin Proceso: 15:00 min Tiempo Descachazado: 5:20min | Adición Clarificante: 4:15 min Inicio Descachazado: 10:30 min Fin Proceso: 16:40 min Tiempo Descachazado: 6:10min |
| Resultados Cachaza Extraída | Masa: 137g Volumen: 144cc Densidad: 0,95 g/ml | Masa: 43g Volumen: 40cc Densidad: 1,07 g/ml |
| Resultados Características Físicoquímica Jugo de Caña Clarificado | Vol. Jugo Clarificado: 640cc pH: 5,20 Grados Brix: 22,20 Turbiedad: 1350 UNT Conductividad: 2027 μS/cm | Vol. Jugo Clarificado: 853cc pH: 5,23 Grados Brix: 19,50 Turbiedad: 2100 UNT Conductividad: 1927 μS/cm |

Nota: Elaboración Propia – Fuente: Los Resultados de los Características Físicoquímicos de los Jugos de caña de Azúcar fueron tomados de los Análisis de Laboratorio (Ver Anexos 7, 8 y 9).

De acuerdo con los resultados obtenidos pudo evidenciarse que el Biofloculante Tecnificado mostró resultados más favorables en el proceso de clarificado de jugos de caña de azúcar frente al Biofloculante Tradicional. El tiempo de clarificado para con el uso del Biofloculante Tecnificado fue de 15 minutos, 50 segundos más rápido que con el Biofloculante Tradicional.

En cuanto a las cachazas extraídas, el Biofloculante Tecnificado presentó una mayor cantidad de impurezas extraídas (137g) frente al Biofloculante Tradicional (43g), aumentando la cantidad de cachazas extraídas en aproximadamente un 218%.

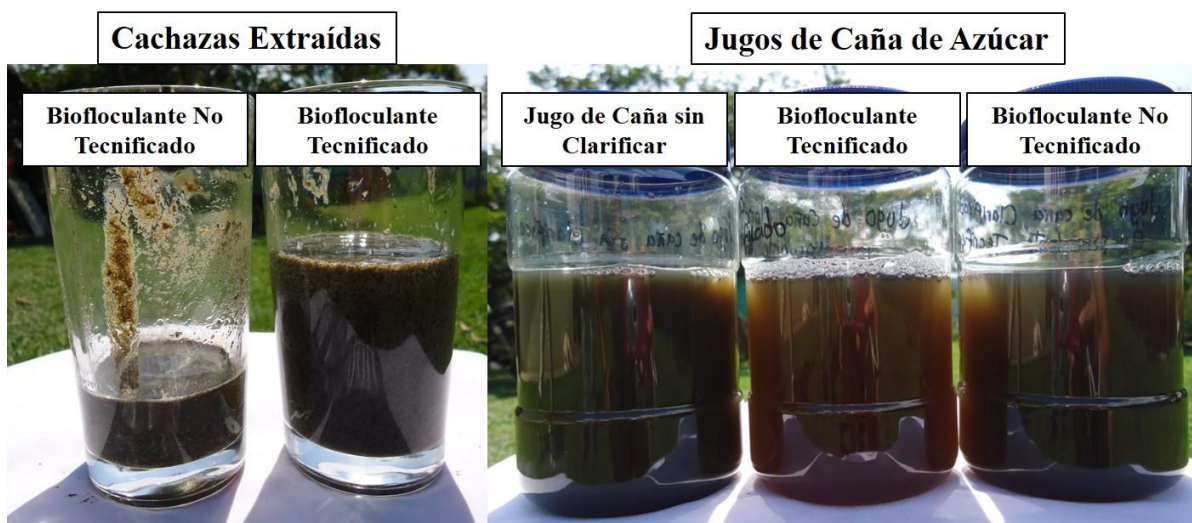
En lo referente a la Turbidez, el jugo clarificado con Biofloculante Tecnificado mostró un resultado de 1350 UNT, a diferencia del jugo clarificado con Biofloculante Tradicional que presentó un valor de 2100 UNT. El jugo de caña que se clarificó con el Biofloculante Tecnificado al mostrar una turbidez más baja, evidencia menor cantidad de sólidos en suspensión (para el caso, impurezas) que el clarificado con el Biofloculante Tradicional.

Del mismo modo, se evidencia un comportamiento similar con la conductancia, donde el jugo clarificado con Biofloculante Tecnificado muestra un valor más alto frente al Biofloculante Tradicional, mostrando que cuanto más alta es la conductividad, será proporcional a la concentración de sólidos solubles del jugo.

Con el incremento de la temperatura contemplado en el proceso de clarificación, el agua empieza su proceso de evaporación y por ende empiezan a concentrarse los sólidos solubles del jugo, por lo tanto, los Grados Brix aumentan en los dos casos con el empleo de los dos (2) biofloculantes (Tecnificado y Tradicional). Cabe resaltar que los tiempos de cada operación son un factor variable, ya que es muy dependiente de la capacidad instalada en la hornilla de cada trapiche. En conformidad a los con los resultados obtenidos en el proceso de clarificación puede determinarse que el Biofloculante Tecnificado presenta una mayor favorabilidad en su rendimiento a la hora de emplearse en la extracción de impurezas de los jugos de caña panelera.

Figura 5:*Proceso de Clarificación en Jugos de Caña de Azúcar*

Nota: Acción Clarificante de los Biofloculantes Naturales. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6:*Resultados Clarificación Biofloculante Tecnificado y Tradicional*

Nota: Resultado Proceso de Clarificación para cada Biofloculante – Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Determinar mediante ensayos de temperatura ambiente y refrigeración las condiciones favorables que permitan una mayor conservación del biofloculante.

La vida útil microbiológica de un alimento es el periodo de tiempo durante el cual mantiene una calidad adecuada. Los estudios de vida útil aportan datos sobre cuánto tiempo un producto puede conservar inalteradas sus propiedades y es capaz de mantener su calidad. En el momento que alguno de estos parámetros de calidad es alterado, la vida útil del producto termina. (CSA - Seguridad Alimentaria, 2021)

De acuerdo con los resultados obtenidos en los Análisis Microbiológicos tanto para la Prueba de Biofloculante Tecnificado como para la Prueba de Biofloculante Tradicional, se evidenció una alteración en la cantidad de microorganismos para los ítems de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Aerobios Mesófilos y Levaduras para el Biofloculante Tradicional a pesar de propiciar condiciones de refrigeración a 3°C para disminuir la velocidad en su proceso de contaminación. Sin embargo, y pese a lo anterior, no se mostraron resultados favorables para dicha prueba, por lo tanto, el Análisis Microbiológico para la Estimación de la Vida Útil en Tiempo Real queda descartado para dicha muestra y su vida útil se da por terminada dentro las siguientes 24 horas posteriores a su elaboración.

En consecuencia con lo expuesto anteriormente, sólo la muestra de la Prueba del Biofloculante Tecnificado se sometió al Análisis Microbiológico para la Estimación de la Vida Útil en Tiempo Real, pese a ser la única que se encontró dentro de los rangos de favorabilidad y aceptación del Análisis Microbiológico.

4.3.1 Análisis de la Vida Útil Prueba Tecnificada

A través del Análisis Microbiológico para la Estimación de la Vida Útil en Tiempo Real para la muestra del Biofloculante Tecnificado se efectuaron Análisis Microbiológicos, Análisis Fisicoquímico y Análisis Sensorial durante un periodo de quince (15) días (en secuencia de 1, 5, 6, 8, 12 y 15 días), esto con el fin de evaluar su evolución y cambios en sus características organolépticas y descartar posibles alteraciones microbiológicas . Para la realización de este estudio se almacenó la muestra en condiciones de refrigeración a una temperatura de 3 ° C y manteniendo una humedad relativa del 58%, donde se tuvieron resultados favorables durante el periodo de estudio.

- **Análisis Microbiológico Prueba Tecnificada Estimación de Vida Útil**

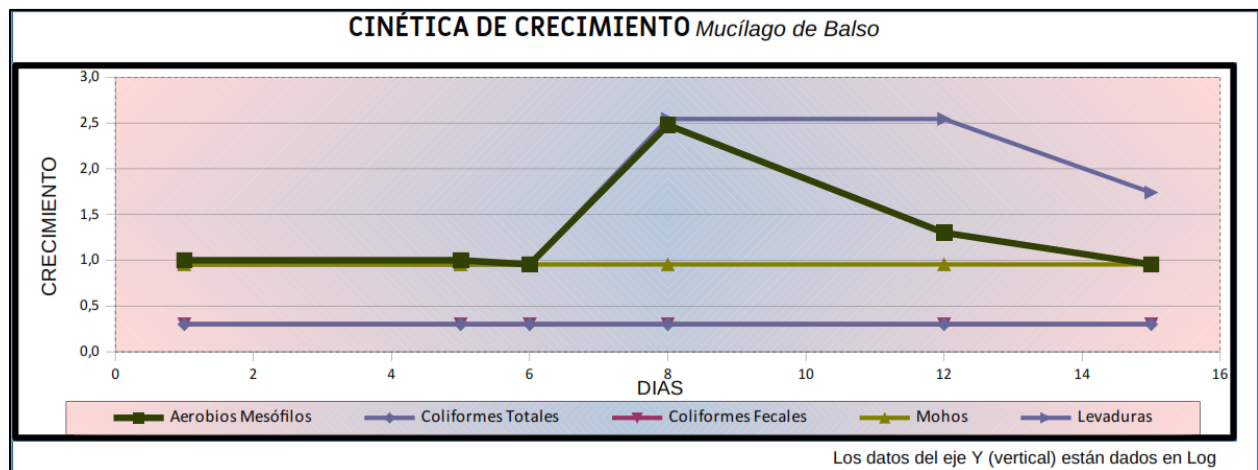
Revisados los resultados obtenidos que se tuvieron durante el tiempo de evaluación de quince (15) días, pudo evidenciarse que el producto cumple con las disposiciones microbiológicas estipuladas y no presentó alguna alteración considerable durante el periodo de estudio. Las cinéticas de crecimiento de los microorganismos evaluados se grafican como líneas planas con una nula o muy baja densidad poblacional (Revisar Figura 7).

En lo referente a los Aerobios Mesófilos se pudo apreciar que debido a la textura viscosa del producto, hizo que la concentración de oxígeno disminuyera, lo cual incidió drásticamente en el bajo crecimiento de este grupo microbiano, hasta su descenso radical en el día 15, contrario al comportamiento de las Levaduras como es evidente en la cinética.

Tabla 15:*Análisis Microbiológico Estimación de Vida Útil*

| Secuencia de Análisis (Día Específico) | Aerobios Mesófilos | Coliformes Totales | Coliformes Fecales | Mohos | Levaduras |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-----------|
| Unidad | UFC/g | NMP/g | NMP/g | UFC/g | UFC/g |
| T₁ (Día 1) | 1,0E + 01 | < 3 | < 3 | < 10 | < 10 |
| T₅ (Día 5) | 1,0E + 01 | < 3 | < 3 | < 10 | < 10 |
| T₆ (Día 6) | < 10 | < 3 | < 3 | < 10 | < 10 |
| T₈ (Día 8) | 3,0E + 02 | < 3 | < 3 | < 10 | 3,5E + 01 |
| T₁₂ (Día 12) | 2,0E + 01 | < 3 | < 3 | < 10 | 3,5E + 01 |
| T₁₅ (Día 15) | < 10 | < 3 | < 3 | < 10 | 5,5E + 01 |

Nota: Elaboración Propia – Fuente: Análisis Microbiológico Estimación de Vida Útil en Tiempo Real (Ver Anexo 10).

Figura 7:*Comportamiento Crecimiento Microbiológico Biofloculante Tecnificado*

Fuente: Análisis Microbiológico Estimación de Vida Útil en Tiempo Real (Ver Anexo 10).

- **Análisis Fisicoquímico Prueba Tecnificada Estimación de Vida Útil**

En lo referente al Análisis fisicoquímico se evaluaron don (2) variables, el pH y Acidez Titulable. El pH se mantuvo en promedio en un valor de 7,5. De igual forma no hubo variación en la Acidez Titulable, cuantificadas en el día 1 y en el día 15, presentando un valor 0,1g/100g en los dos procesos de verificación.

Tabla 16:

Resultado Análisis Fisicoquímico Estimación de Vida Útil

| Análisis Realizado | Secuencia de Análisis (Día específico) | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | T ₁ | T ₅ | T ₆ | T ₈ | T ₁₂ | T ₁₅ |
| pH (Unidades) | 7,6 | 7,6 | 7,3 | 7,5 | 7,4 | 7,4 |
| Acidez Titulable Total (g/100g) | 0,1 | - | - | - | - | 0,1 |

Fuente: Análisis Fisicoquímico Estimación de Vida Útil en Tiempo Real (Ver Anexo 10).

- **Análisis Sensorial Prueba Tecnificada Estimación de Vida Útil**

En conformidad con los resultados presentados en el Análisis Sensorial pudo evidenciarse que as características organolépticas objeto de estudio tales como el Color, Olor y la Textura se mostraron ideales sin mostrar alteración durante todo el periodo de estudio. A través del Análisis Sensorial pudo determinar que el Olor y el Color fueron característicos del producto durante el tiempo de evaluación, sin mostrar variación numérica en la escala asignada.

De igual manera, la textura evaluada mediante palpación mostró una nula alteración en la misma en el tiempo de estudio reflejado también en la no variación numérica de la respectiva escala

asignada. Por lo anterior, se considera que la evaluación sensorial del producto se encuentra dentro del parámetro de ACEPTACIÓN.

Tabla 17:

Evaluación Organoléptica Biofloculante Tecnificado

| Evaluación Organoléptica – Análisis Realizado | | | |
|--|------------------|----------------|------------------|
| Secuencia de Análisis | Sensorial | | Palpación |
| | Olor | Color | Textura |
| T₁ (Día 1) | Característico | Característico | Viscosa |
| T₅ (Día 5) | Característico | Característico | Viscosa |
| T₆ (Día 6) | Característico | Característico | Viscosa |
| T₈ (Día 8) | Característico | Característico | Viscosa |
| T₁₂ (Día 12) | Característico | Característico | Viscosa |
| T₁₅ (Día 15) | Característico | Característico | Viscosa |

Fuente: Análisis Sensorial Estimación de Vida Útil en Tiempo Real (Ver Anexo 10).

Tabla 18:

Resultados Análisis Sensorial Biofloculante Tecnificado

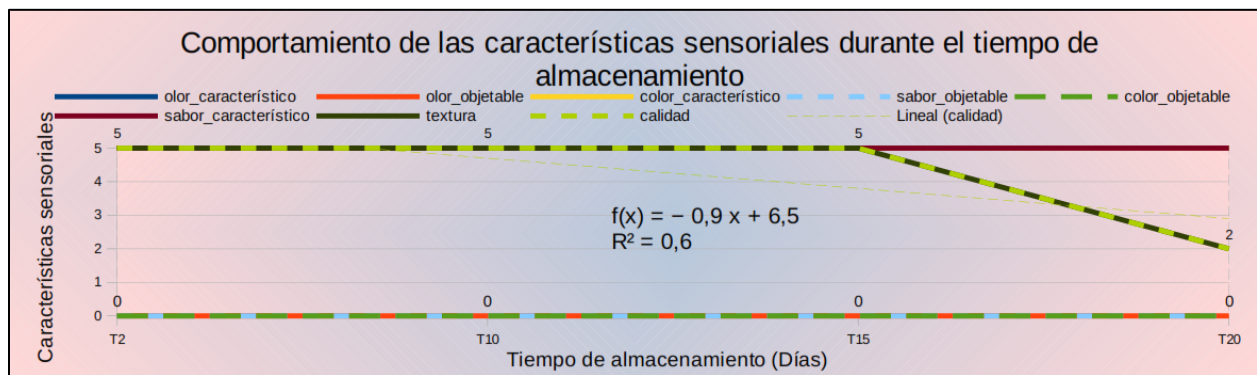
| Resultados sensoriales para mucilago de balso | | | | | | |
|--|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Característica evaluada | Secuencia de análisis (en día específico) | | | | | |
| | T₁ | T₅ | T₆ | T₈ | T₁₂ | T₁₅ |
| Olor Característico | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Olor Objetable | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Color Característico | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |

| | | | | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Color Objetable | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Textura | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Calidad | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Aceptación /Rechazo | A | A | A | A | A | A |

Fuente: Análisis Sensorial Estimación de Vida Útil en Tiempo Real (Ver Anexo 10).

Figura 8:

Comportamiento Análisis Sensorial Biofloculante Tecnificado



Fuente: Análisis Sensorial Estimación de Vida Útil en Tiempo Real (Ver Anexo 10).

- **Estimación Tiempo de Vida Útil Biofloculante Tecnificado y Características de Conservación**

Posterior a realizada la evaluación de las cinéticas de crecimiento y acorde a los modelos estadísticos establecidos; al correlacionar las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas se puede determinar que la Vida Útil del Biofloculante Tecnificado objeto de análisis es de **DIECISIETE DIAS (17) DÍAS**, almacenado a **Temperatura de 3°C± 1°C**, en el empaque que se comercializa.

5. Conclusiones

Como resultado de este proyecto se pudo evaluar el proceso de obtención del mucílago de balsa blanco como biofloculante para el proceso de clarificación en la extracción de impurezas de los jugos de caña de azúcar mediante dos (2) experimentos o métodos donde se evidenció diferencias notorias en cada uno de los resultados dando mayor favorabilidad al método propuesto, es decir, mediante la prueba tecnificada.

Conforme a la evaluación realizada al proceso de obtención del biofloculante y de acuerdo con los requisitos de las Prácticas de Manufactura, pudieron determinarse las etapas más idóneas para la elaboración del biofloculante para resultados más satisfactorios en cuanto a inocuidad y rendimiento las cuales consisten inicialmente en el alistamiento de la corteza a través de la limpieza y peso, desinfección y lavado de la misma, seguido de la maceración, trituración y picado de la corteza, posterior el proceso de cocción o tratamiento térmico y la extracción del mucílago mediante despulpadora, y por último el empaque del producto final, siendo llevado a refrigeración para conservar sus propiedades y retrasar alteraciones en las mismas.

Conforme a lo anterior, se pudo establecer que el Método para el Biofloculante Tecnificado que se realizó es de vital importancia para la obtención de un Mucílago de Balsa con mayores índices de calidad para así seguir mejorando el proceso de clarificación de los jugos con un insumo que por años se ha utilizado en la industria panelera, más, sin embargo, se ha realizado en malas condiciones provocando la contaminación de dichos jugos. Por esta razón se puede concluir que la mejor alternativa es tecnificar el proceso de extracción del mucílago de balsa lo que conlleva a

un beneficio para la industria panelera ya que se puede contar con un insumo de mejor calidad, garantizando la inocuidad del proceso de elaboración de la panela y así seguir incentivando el uso de productos orgánicos en dicha cadena.

Recomendaciones

En el proceso investigativo se pudo determinar que para obtener un biofloculante con indicadores de inocuidad y calidad considerables es necesario que su proceso de elaboración se desarrolle en las instalaciones adecuadas y contando con los equipos, herramientas y utensilios apropiados que permitan un mayor aprovechamiento y rendimiento de la materia prima, así como la eficiencia en la concentración del mucílago, por lo cual se determinan equipos, herramientas y utensilios tales como machetes, mazos en acero inoxidable, mesas en acero inoxidable, cuchillos, recipientes de diversa índole, marmitas y despulpadoras. Todos los equipos y herramientas implementados son de vital importancia para cada etapa del proceso ya que las mismas cumplen con una función trascendental para lograr cumplir con los requerimientos necesarios para así obtener un producto que cuente con altos indicadores de calidad y así implementarlo como insumo para la clarificación de jugos de caña panelera sin que represente alguna amenaza de contaminación.

En lo referente a las características que permitan la conservación óptima del Biofloculante, es necesario que se cumpla con las condiciones idóneas que permitan un ambiente propicio para no alteración de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto, por lo tanto, una correcta conservación del mismo debe estar bajo los parámetros de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de $3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, en el empaque que se disponga para su proceso de comercialización.

Referencias Bibliográficas

Beltrán Hernández , J. G. (2019). Plan operativo para la planta procesadora para la arina de platano.

<https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/handle/20.500.12313/1371>.

Buenas practicas , M. (s.f.). Buenas practicas de manufactura . *[https://www.invima.gov.co/buenas-](https://www.invima.gov.co/buenas-practicas-de-manufactura-bpm-sinonimo-de-responsabilidad-e-inocuidad-en-los-alimentos)*

[practicas-de-manufactura-bpm-sinonimo-de-responsabilidad-e-inocuidad-en-los-](https://www.invima.gov.co/buenas-practicas-de-manufactura-bpm-sinonimo-de-responsabilidad-e-inocuidad-en-los-alimentos)
[alimentos](https://www.invima.gov.co/buenas-practicas-de-manufactura-bpm-sinonimo-de-responsabilidad-e-inocuidad-en-los-alimentos).

Cadena Agroindustria de la panela . (2019). Cadena agroindustrial de la panela .

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/>.

Congreso de Colombia. (24 de Enero de 1979). Ministerio de Salud y Protección Social. Obtenido

de *https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf*

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). (22 de Agosto de 2014).

Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para Producción de

Panela en Santander, Colombiano. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v15n2/v15n2a05.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (26 de Octubre de 2005). Agrindustria

Alimentaria Andes. Obtenido de

<https://agroindustriaalimentariaandes.files.wordpress.com/2018/03/norma-tecnica-colombiana-iso-220002.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (19 de Agosto de 2009). Tienda Virtual ICONTEC. Obtenido de *<https://tienda.icontec.org/gp-productos-agricolas-panel-ntc1311-2009.html>*

Lagos Burbano, T. C., & Benavides Arteaga, K. E. (2014). Biología reproductiva de balsa blanca. *http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682014000200003*.

Lagos, T. C. (2013). Ciencias Agrícolas . *<https://www.researchgate.net/publication/312892635>*.

Manual , C. (2010). Buenas Prácticas Agrícolas . *<http://repiica.iica.int/docs/B3192e/B3192e.pdf>*.

Ministerio de Salud y Protección Social. (22 de Julio de 2013). Biblioteca Digital Ministerio de Salud y Protección Social. Obtenido de *<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf>*

Ministerio de Salud y Protección Social. (28 de Marzo de 2012). Biblioteca Digital Ministerio de Salud y Protección Social. Obtenido de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2002). Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la Agroindustria Panelera, Municipio de Mocoa. Obtenido de *http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4775/1/2006102416333_Guia%20elaboracion%20de%20panela.pdf*

PMGRD, C. (2012). Chipatá Santander. . *<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/>*.

Quezada Moreno , W., & Gallardo Aguilar , I. (2014). Clarificación del jugo mediante el empleo de plantas mucilaginosas . *<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223132853007.pdf>*.

Rosero, V. G. (2010). Estudio de factibilidad para el montaje de una planta productora y comercializadora de un biofloculante a partir de mucilago de la corteza de balsa blanco. *<https://sired.udenar.edu.co/5251/1/81747.pdf>*.

Rudas Lleras , G., & Forero Álvarez , J. (s.f.). La agroindustria panelera en Colombia. . *<file:///D:/Info/Downloads/adminpujojs,+articulo001.pdf>*.

Sánchez, N. M. (15 de Abril de 2019). Evaluación de los aspectos ambientales en la cadena de suministro de la panela en el sector de la hoya del río Suárez, en Colombia. Obtenido de

<https://sitios.vtte.utem.cl/rches/wp-content/uploads/sites/8/2019/07/revista-CHES-vol13-n1-2019-Lopez-Moreno-Castro-Zarate.pdf>

Walter Francisco Quezada Moreno & Irenia Gallardo Aguilar. (Mayo - Agosto de 2014).

Obtención de Extractos de Plantas mucilaginosas para la clarificación de Jugos de Caña.

Obtenido de: *http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-6185201400020000*

Apéndices:**Apéndices A: Cuestionario de Entrevista a Cañicultores acerca del uso del Balso Blanco como Clarificante Natural para la panela.**

**Universidad Industrial de Santander
Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia – IPRED
Programa Producción Agroindustrial
Sede Barbosa**

Proyecto de Investigación en torno al uso del Balso Blanco como Clarificante Natural en la extracción de impurezas del jugo de caña en la elaboración de panela.

**Cuestionario Entrevista Cañicultores
Municipio de Chipatá**

1. ¿En este trapiche se utiliza Balso Blanco frecuentemente como clarificante natural?

2. ¿Qué aspectos tienen en cuenta a la hora de obtener la corteza de balso blanco?

3. ¿Cómo efectúan el almacenamiento de la corteza del Balso Blanco?

4. ¿Qué equipos, herramientas y utensilios emplean para la extracción del mucilago del Balso Blanco?

5. ¿Qué insumos y en qué cantidades usa el proceso de extracción del mucilago al balso blanco y cual es el procedimiento a seguir para la elaboración del mismo?

6. ¿En qué proporciones o cantidades y como utilizan el mucilago de Balso Blanco para la extracción de impurezas de los jugos de caña panelera?

7. ¿En qué condiciones conservan el mucilago de balso blanco?

Apéndices B: Evidencias Fotográficas Visitas Trapiches Municipio de Chipatá

