

**Validación del Protocolo de Elaboración de un Recubrimiento Comestible para la
Conservación de Mango Tommy Atkins Poscosecha a partir de Cáscaras de Plátano Macho
Verde (Musa Paradisiaca L.)**

Elaborado por:

Laura Sofia Castro Quinche
Miguel Ángel Diaz González
Yenifer Lorena Rodríguez Higuera
Estudiantes de Ingeniería Química

Universidad EAN
Escuela de Formación en Investigación
Proyecto de Grado
Lina María Chacón Rivera
Bogotá
26/11/2022

Resumen

Los recubrimientos comestibles son elaborados a partir de biopolímeros de origen natural, que ayudan a defender un alimento perecedero de la proliferación de microorganismos mediante una superficie protectora que evita el contacto directo con el entorno. Lo anterior tiene como objetivo disminuir el tiempo de degradación de una fruta o verdura. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2020) en Colombia anualmente se pierden y desperdician cerca de 6,1 millones de toneladas de frutas y verduras (DNP, 2020, p. 7), lo cual se debe a “fallas en el sistema productivo, carencias logísticas, inadecuada infraestructura, falta de incentivos, falta de alianzas entre lo privado y lo estatal, malos hábitos de compra y de consumo, entre otros” (DNP, 2016, p. 35).

En el presente documento se desarrolla la validación del procedimiento propuesto en el proyecto “*Recubrimiento Comestible para la Conservación de Mango Poscosecha a partir de Cáscaras de Plátano Macho Verde (Musa Paradisiaca L.) - Fase 1*” (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022) con el fin de obtener el recubrimiento comestible y realizar la comprobación de la funcionalidad de este en la conservación de mango de Tommy Atkins poscosecha, y así medir las variables mencionadas en la fase 1.

Por medio del uso del recubrimiento comestible se busca disminuir el desperdicio de mango Tommy Atkins en Bogotá, con el fin de reducir los gases de efecto invernadero que producen la degradación de dicha fruta. De igual forma, se espera disminuir la cantidad de residuos orgánicos que son destinados a rellenos sanitarios, puesto que en la elaboración del recubrimiento se utiliza el almidón obtenido de cáscaras de plátano verde macho (*Musa Paradisiaca L.*).

Palabras clave: recubrimiento comestible, conservación, cáscaras de plátano.

Abstract

Edible coatings are made from biopolymers of natural origin, which help to defend a perishable food from the proliferation of microorganisms by means of a protective surface that avoids direct contact with the environment. The purpose of this is to reduce the degradation time of a fruit or vegetable. According to the National Planning Department (DNP, 2020) in Colombia about 6.1 million tons of fruits and vegetables are lost and wasted annually (DNP, 2020, p. 7), which is due to "failures in the production system, logistical deficiencies, inadequate infrastructure, lack of incentives, lack of alliances between the private and the state, poor purchasing and consumption habits, among others" (DNP, 2016, p. 35).

This document develops the validation of the procedure proposed in the project "Edible Coating for Postharvest Mango Preservation from Plantain Peels (*Musa Paradisiaca L.*) - Phase 1" (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022) in order to obtain the edible coating and test its functionality in the postharvest preservation of Tommy Atkins mangoes, and thus measure the variables mentioned in phase 1.

The use of the edible coating is intended to reduce the waste of Tommy Atkins mango in Bogota, in order to reduce greenhouse gases that cause the degradation of this fruit. Likewise, it is expected to reduce the amount of organic waste that is destined to landfills, since the starch obtained from green male plantain (*Musa Paradisiaca L.*) peels is used in the preparation of the coating.

Key words: edible coating, preservation, banana peels.

Tabla de contenido

Introducción.....	9
Definición del problema.....	10
Pregunta de Investigación.....	12
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos.....	12
Justificación.....	13
Análisis de requerimientos.....	14
Marco teórico.....	16
Metodología de diseño.....	24
Análisis de restricciones.....	26
<i>Análisis de costos</i>	28
Análisis de impacto.....	31
Análisis de datos.....	32
Análisis de resultados.....	41
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44
Referencias.....	45

Índice de Tablas

Tabla 1.....	18
Tabla 2.....	29
Tabla 3.....	30
Tabla 4.....	31
Tabla 5.....	35
Tabla 6.....	37
Tabla 7.....	37
Tabla 8.....	39
Tabla 9.....	41

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Molienda de la cáscara deshidratada de plátano verde	33
Ilustración 2. Prueba del Lugol.....	34
Ilustración 3. Blanqueamiento de la harina de cáscara de plátano verde	35
Ilustración 4. Solución Recubrimiento Comestible	36
Ilustración 5. Mango sin recubrimiento (día 1)	37
Ilustración 6. Mangos con recubrimiento (día 4).....	38
Ilustración 7. Mango sin recubrimiento (día 4)	38
Ilustración 8. Mangos sin recubrimiento (día 7).....	40
Ilustración 9. Mango con recubrimiento (día 7)	40
Ilustración 10. Mango con recubrimiento (día 7)	40
Ilustración 11. Mango con recubrimiento (día 7)	41

Índices de Diagramas

Diagrama 1. Protocolo elaboración de un recubrimiento comestible	24
--	----

Índices de Anexos

Anexo 1.	56
Anexo 2.	57

Introducción

Actualmente uno de los mayores retos de Colombia es la cantidad de alimentos que se pierden y desprecian al año, ya que, esta cantidad es de aproximadamente “9,76 millones de toneladas de alimentos” (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022). Además, las frutas y verduras se clasifican como los alimentos que más se pierden y desperdician, puesto que, al año se pierden alrededor de 6,1 millones de toneladas, “los cuales representan un 62% del total de los alimentos perdidos y desperdiciados en Colombia” (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022). Lo anterior, puede ser ocasionado por el deterioro microbiológico y fisiológico en los alimentos por deficiencias en la cadena de producción, suministro y comercialización. Por tanto, si el tratamiento de los alimentos no es adecuado, desde su cosecha, la cifra anterior va a ir en aumento, lo cual ocasionaría el desaprovechamiento temprano de alimentos y el incremento de residuos orgánicos en rellenos sanitarios.

Existen diferentes métodos de conservación de alimentos; están los métodos físicos que intervienen sobre el estado físico del producto, “se llevan a cabo aplicando frío o calor, o sometiéndolo a deshidratación, irradiación o altas presiones” (Salvatierra, 2019), y los métodos químicos que “consisten en añadir a los alimentos sustancias modificando químicamente el producto” (Salvatierra, 2019).

Los aditivos alimentarios son sustancias que no se consumen normalmente, ni se usan como ingrediente básico y su adición intencional en las etapas de “fabricación, elaboración, tratamiento, envasado o empaquetado, transporte o almacenamiento provoque, o pueda esperarse que provoque directa o indirectamente, el que ella misma o sus subproductos lleguen a ser un complemento del alimento o afecten sus características” (*Resolución N.º 005109 de 2005. Art. 3.*). De acuerdo con lo anterior, los recubrimientos comestibles pueden ser considerados como aditivos alimentarios.

Por consiguiente, los recubrimientos comestibles son una alternativa favorable para la conservación de frutas y verduras.

En el presente documento se desarrolla la validación del protocolo propuesto en el proyecto “*Recubrimiento Comestible para la Conservación de Mango Poscosecha a partir de Cáscaras de Plátano Macho Verde (Musa Paradisiaca L.) - Fase I*” (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022), para ello se colectan las cáscaras de plátano macho verde de la plaza de mercado Corabastos de Bogotá. Posteriormente, se extrae el almidón-celulosa a partir de cáscaras de plátano macho verde, se elabora el recubrimiento y realiza el análisis de funcionalidad en 3 mangos con el recubrimiento comestible y 3 sin el recubrimiento. El estudio de funcionalidad se realizará por 16 días para determinar la variación de la preservación en el tiempo. Por último, se recopilará y analizará la información obtenida en el laboratorio.

El diseño de la investigación es experimental, por tanto, se realizará la validación del protocolo de elaboración del recubrimiento comestible por medio del desarrollo de este en los laboratorios de la Universidad Ean. La metodología utilizada es mixta, puesto que, al recubrimiento comestible se le evaluarán ciertas variables como: rendimiento de extracción del almidón de cáscara de plátano verde, presencia de almidón, análisis sensorial y análisis visual del estado de maduración los mangos.

Definición del problema

En Colombia existen 75.8 millones de hectáreas destinadas a la producción agrícola, de las cuales aproximadamente 37.3 millones de hectáreas son utilizadas para la cosecha de frutas, esto quiere decir que más o menos se cultivan 373.631 frutas entre las diferentes variedades existentes (UPRA). De acuerdo con Invierta en Colombia para el año 2019 las frutas hicieron parte del

consumo de los ciudadanos con una cifra de aproximadamente 9.7 millones de toneladas, lo que genera que Colombia sea uno de los siete países con más actividad agrícola (FAO), pese a eso anualmente se pierden y desperdician cerca de 6,1 millones de toneladas de frutas y verduras (DNP, 2020, p. 7). Esto implica directamente a los residuos orgánicos, que son así como su nombre indica, aquellos que tiene origen natural y pasan por un proceso de degradación. Acorde al Ministerio de Ambiente del total de los desechos que se producen en el año el 65% corresponden a residuos orgánicos y el 50% de estos últimos no les dan un tratamiento adecuado para su fase final (Alzate, Toro, Arango & Ramírez, 2004).

Los principales problemas que ocasiona la perdida de los alimentos se encuentran en la etapa de la distribución, donde principalmente afecta la estética de la fruta (Anaya & Pechene, 2017). Además, de la etapa logística, donde interviene la cadena de frio, es decir, la sucesión de procesos logísticos tales como: producción, almacenaje, distribución, embalajes, transporte, cargar y descarga. Los factores clave que afectan a los procesos logísticos mencionados son: post cosecha, medición y control de la temperatura, almacenamiento, empaque, transporte, tecnología y la capacitación de los encargados (Navarro, 2013). De todos estos factores, depende el éxito para lograr con el objetivo principal: llegar a la mesa de su consumidor final.

En la capital de Colombia, Bogotá existen 39 plazas de mercado, donde cada día se producen residuos orgánicos, debido a la cantidad de alimentos producidos en el año, esto es causado por el aumento de la población y la demanda de alimento que esto conlleva. Como se menciona anteriormente, gran parte de este tipo de residuos no reciben un tratamiento correcto, donde la ciudad de Bogotá no es una excepción, ya que, cuenta con una gestión ineficiente de sus residuos, donde el 98% de estos van directamente al relleno sanitario. Por ejemplo, una de las Plazas más

importantes de la ciudad, Corabastos genera aproximadamente 80 toneladas de residuos que van directamente al relleno sanitario Doña Juana (Castillo & Arrieta, 2014, p. 6,7).

De acuerdo con la Unidad Administrativa Especial De Servicios Públicos Bogotá (UAESP), un 88.5 % de los residuos mencionados corresponden a verduras y frutas que son descartadas por los vendedores y/o consumidores. De manera natural estos alimentos ya al pasar su ciclo de vida, al no tener un tratamiento adecuado finalmente se descomponen ocasionando una pérdida de dichos alimentos, además que los gases que produce este proceso también son dañinos para el planeta, tales como el CO₂ y gas metano, siendo estos últimos gases de efecto invernadero (Gutiérrez, 2021).

Pregunta de Investigación

¿El protocolo es suficiente para que el recubrimiento comestible a partir de cáscaras de plátano macho verde (*Musa Paradisiaca L.*) alargue la vida útil del mango Tommy Atkins?

Objetivos

Objetivo general

- Validar el protocolo para elaborar un recubrimiento comestible para la conservación de mango Tommy Atkins poscosecha a partir de cáscaras de plátano macho verde (*Musa Paradisiaca L.*).

Objetivos específicos

- Obtener almidón a partir de cáscaras de plátano macho verde (*Musa Paradisiaca L.*).
- Elaborar la formulación del recubrimiento comestible con las características deseadas.

- Realizar la prueba de funcionalidad del recubrimiento comestible a mangos Tommy Atkins con cualidades específicas.
- Analizar los resultados obtenidos en la prueba de funcionalidad.

Justificación

En el mundo los plásticos se utilizan de manera exponencial, estos son los causantes de una gran variedad de problemas como lo son la contaminación marítima y la amenaza contra las especies y ecosistemas, ya que, por las características de estos es complicado deshacerse de ellos sin generar más contaminación. Los bioplásticos permiten desarrollar soluciones innovadoras en comparación con los plásticos convencionales, por tanto, estos son una opción indicada para controlar y manejar los residuos de plátano. Según Haro los residuos del plátano podrían convertirse en productos con valor agregado, y una alternativa de uso, es el aprovechamiento en la producción de bioplásticos (Haro- Velasteguí et al., 2017).

De acuerdo con Sañud y Guerrero, los residuos del plátano se pueden aprovechar, puesto que, estos poseen un alto contenido de almidón y celulosa que pueden ser usados en la producción de materiales biodegradables y combustibles fósiles (Sañud & Guerrero, 2019). Además, de la elaboración de bioplásticos a partir de biopolímeros que pueden llegar a tener características parecidas a los plásticos tradicionales, inclusive mejores (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022).

Un ejemplo de esto lo realizaron Alarcón y Barajas en el 2013, al crear un bioplástico a partir de almidón recuperado de la papa, la yuca y el maíz, con el fin de cambiar el empaque tradicional que se utiliza en la lechuga crespa, en cuanto a los resultados se obtuvo que, a condiciones reales, este empaque podría aumentar el ciclo de la lechuga de 2-3 días (Alarcón & Barajas, 2013). Otro ejemplo del uso de estos bioplásticos fue realizado por Alejandro y Haroldo, en el cual se plantea

que los productos obtenidos de los residuos del plátano se puedan integrar al mercado con un alto valor agregado. Por consiguiente, llegan a ser una forma de proteger el mercado interno, ampliar y diversificar las exportaciones (Arango Correa & Barbutin Díaz, 2018). Como estas, existen más investigaciones y más posibilidades de atacar un problema y solucionarlo a partir de los bioplásticos. Es así como esta investigación cobra importancia, de igual forma se observa un alto interés en el análisis y experimentación sobre los desperdicios del plátano.

De acuerdo con la información anterior, en la sociedad aumenta el interés por el uso de bioplásticos y la reducción de los plásticos de un solo uso. La presente investigación propone una mejora de aprovechamiento de estos residuos alimentarios, lo cual reduce la cantidad de mangos que se desechan en Colombia, más específicamente en centros de abastecimiento. Por tanto, el beneficio social, ambiental y económico de la investigación, es la disminución de los residuos en rellenos sanitarios, el aprovechamiento de residuos orgánicos, descontaminación visual en plazas de mercado, el aumento de la demanda del mango al disminuir su pérdida en las etapas de almacenamiento y distribución, reducción del costo del mango, y la reducción de pérdida del fruto e inversión de los agricultores.

Análisis de requerimientos

El mango es una fruta vulnerable que sufre magulladuras fácilmente, es decir, es un fruto muy perecedero. Por tanto, la intención del proyecto es validar el protocolo de elaboración de un recubrimiento comestible a partir de cáscara de plátano macho verde (*Musa Paradisiaca* L.) para la conservación de mango. El protocolo propuesto en la fase 1 de este proyecto, incluye las etapas de elaboración del recubrimiento comestible desde la limpieza y el lavado de la cáscara de plátano,

la obtención del almidón-celulosa a partir de las mismas, blanqueamiento del almidón-celulosa, y la conservación del mango con el recubrimiento y sin él.

Es importante tener en cuenta ciertas características de diseño del recubrimiento comestible como se indica en el protocolo. El recubrimiento comestible debe ser “opaco, de menor peso, baja permeabilidad y una gran barrera al agua” (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022). Para la validación del recubrimiento comestible se realizará la medición de las siguientes variables: rendimiento de extracción del almidón de cáscara de plátano verde, presencia de almidón, análisis sensorial y análisis visual del estado de maduración de los mangos a través del tiempo mediante registro fotográfico.

Complementando la información anterior y el protocolo, se adicionará el análisis sensorial al mango con recubrimiento y sin él, con el fin de identificar cambios en las propiedades organolépticas de estos. Esta prueba consiste en evaluar la apariencia, color, olor, y consistencia del mango. Se realizará el análisis sensorial los días 1,4,7, y 16.

Inicialmente se realizará la validación del recubrimiento comestible durante 16 días, que es el tiempo de conservación de referencia encontrado en la revisión bibliográfica. Sin embargo, viendo el estado de maduración de los mangos se puede extender el tiempo de la validación. Al finalizar la validación se recolectará toda la información obtenida en el laboratorio y se realizará el respectivo análisis.

Los aditivos alimentarios son sustancias que no se consumen normalmente, ni se usan como ingrediente básico y su adición intencional en las etapas de “fabricación, elaboración, tratamiento, envasado o empaquetado, transporte o almacenamiento provoque, o pueda esperarse que provoque directa o indirectamente, el que ella misma o sus subproductos lleguen a ser un complemento del alimento o afecten sus características” (Resolución N.º 005109 de 2005. Art. 3.). De acuerdo con

lo anterior, los recubrimientos comestibles pueden ser considerados como aditivos alimentarios y pueden estar clasificados como una sustancia conservadora o conservante. Sin embargo, este tipo de producto innovador sigue en constante investigación, por tanto, Colombia no cuenta aún con una regulación que clasifique exactamente este tipo de producto. Así mismo, no se cuenta con información de requisitos legales.

Marco teórico

A través de este proyecto se pretende medir la validez del protocolo establecido para la elaboración de un recubrimiento comestible a base del almidón extraído de la cáscara de plátano verde (*Musa Paradisiaca L.*) para el mango Tommy Atkins con el objetivo de que este último se logre alargar su vida útil. La validez se refiere con medir las variables establecidas para determinar la confiabilidad del protocolo (Paniagua, 2015). La metodología para llevar a cabo el proyecto es cuantitativa y la investigación es experimental, la cual consiste en manipular las variables para observar el efecto que estas tienen sobre el objeto de estudio, por lo que es fundamental analizar la relación causa-efecto en el fenómeno estudiado, y así fijar los detalles y obtener más información (Binda & Balbastre, 2013).

Como se menciona anteriormente, el objetivo del proyecto es la conservación de un alimento orgánico (mango Tommy Atkins). La conservación de alimentos orgánicos es un aspecto importante para una sociedad que busca una dieta más equilibrada a fin de mejorar su salud, ya que, estos alimentos cuentan con propiedades que pueden disminuir el riesgo a tener enfermedades crónicas. Estos son padecimientos que al principio se ve como pequeñas molestias, pero pueden llegar a ser enfermedades graves y rara vez hay una cura total de estas. En este grupo se encuentran las enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer entre otras. (Martínez & Díaz, 2010). En

Colombia, la causa número uno de fallecimiento son las enfermedades crónicas (Moreno, 2018) que son provocadas por malos hábitos como el sedentarismo, alimentación, exceso de bebidas embriagantes, etc.

La mala alimentación usualmente se presenta en las zonas urbanas, donde hay alto consumo de grasas y azúcares, al ser en teoría de más rápido acceso y ya preparados (papas de paquete, galletas, dulces, congelados, etc.). También son considerados alimentos ultraprocesados, donde se cambia drásticamente sus propiedades nutricionales. En Colombia según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para el 2019 hubo una venta de 224 productos de alimentos ultraprocesados al día, que aumentó un 7.7% respecto a años anteriores. En promedio los productos más vendidos son las gaseosas, galletas y panes industriales (Organización Panamericana de la Salud, 2019). Al aumentar el consumo de alimentos ultraprocesados, habrá una disminución del consumo de frutas y verduras, principalmente en niños y adolescentes (Babio, Casas & Salas, 2020).

Las frutas y verduras como se menciona anteriormente hacen parte de una dieta saludable que ayuda a disminuir la aparición de enfermedades crónicas al contener vitaminas y minerales (Varela, Tenorio & Duaretc 2018). La fruta está conformada por compuestos como betacaroteno, fitoesteroles, entre otros componentes funcionales, que contribuyen a la reducción de algunas enfermedades, además de beneficios fisiológico, lo que lo convierte en un alimento funcional (Rozo, 2004).

Por ejemplo, el mango contiene vitamina C, vitamina A y vitamina B6, además de ser bajo en calorías (Mango.org, 2021). Igualmente, por su sabor y aroma es una de las frutas más comercializadas en el mundo (Maldonado, Navarrete, Ortiz, Jiménez, Salazar, Alia & Álvarez, 2016). La naturaleza del mango causa que una vez maduro tenga un tiempo de entre 5 y 10 días para su consumo. Usualmente para conservarlo de manera correcta se debe refrigerar durante su

periodo de maduración y así evitar su rápida degradación (Exotic Fruit Box, 2021). Sin embargo, una parte de los mangos poscosecha son desperdiciados, debido a la mala gestión logística, ya sea por ineficaz manejo de almacenamiento o gestión logística, de acuerdo con un estudio se desperdicia un 7% solo en la Antioquia (Anaya & Pechene, 2017, p.6).

Actualmente, en la gestión logística de las frutas como el mango, se hace un envío directo de la mano del campesino al vendedor para llegar a su fase final, su comercialización. Se tienden a cometer errores durante esta fase, tal como el uso inadecuado del inventario, donde al haber una alta demanda, causa que se sobrepase el nivel del inventario adecuado para evitar el maltrato de la fruta, así mismo la proliferación de microorganismo que dañen la fruta. Además, de no dar correcto mantenimiento a refrigeradores, donde como se menciona anteriormente, es importante que el mango se encuentre a cierta temperatura para conservarlo. (Gutiérrez, 2021, p.11).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en la actualidad existen métodos físicos y químicos para la conservación de la fruta. Específicamente se busca que la fruta evite el desarrollo de microorganismo que a futuro la deterioren de manera más rápida. Los métodos de conservación se pueden clasificar en tres grupos: Métodos de preservación por periodos cortos, Métodos de preservación por acción química y Métodos de preservación por tratamientos físicos. Usualmente se utilizan combinados para mayor eficacia, en la tabla 1, se presentan algunos ejemplos.

Tabla 1.

Métodos de preservación según la FAO

Clasificación	Método de preservación
Por periodos cortos	<ul style="list-style-type: none">· Refrigeración· Condiciones especiales de almacenaje· Almacenaje refrigerado con atmósferas modificadas

	· Tratamiento químico superficial
Por acción química	· Conservación con azúcar
	· Conservación por salado
	· Adición de anhídrido sulfuroso
	· Tratamiento con ácidos (adición de vinagre)
Por tratamientos físicos	· Uso de altas temperaturas
	· Uso de bajas temperaturas
	· Uso de radiaciones ionizantes

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2000).

Estos pueden ser considerados como métodos tradicionales, que pese a cumplir con su función tienden a afectar el producto en este proceso. El constante avance de las tecnologías ha creado la necesidad de desarrollar nuevos métodos para la conservación de alimentos perecederos, entre ellos las frutas. Algunas tecnologías que han surgido, por ejemplo: Bioconservación de los alimentos, este utiliza bacteriófagos, donde básicamente se expone el alimento a conservar a estos virus en un ambiente controlado para eliminar una bacteria específica. Y conservan sus propiedades ya que no son sometidos a temperaturas extremas (Melo, Levesque & Moineau, 2018).

Otra tecnología es la Nube de plasma, donde se utiliza la ionización del plasma en frío, esta exposición causa la reducción de bacterias que se encuentren en la superficie del alimento (Niemira, 2012). Otro método de conservación de los alimentos es la Explosión azul, donde se utilizan fotosensibilizadores exógenos, estos al estar en estado excitado generan especies reactivas de oxígeno, con el fin de causar daño celular y eliminación de microorganismos que ocasionan el deterioro del producto (Wang & Dai, 2018).

Estos últimos se descubrieron en los campos de Ingeniería en Biotecnología, Ingeniería de Alimentos e Ingeniería Química, respectivamente. Al analizar los métodos investigados, estos cumplen con el objetivo de preservar alimentos por medio de la purga de microorganismos, además de no ocasionar cambios en las propiedades físicas de los mismos. Asimismo, existe un método de conservación que, mediante el uso de materiales de origen orgánicos, ayuda a la reducción de microorganismos en frutas y verduras, los recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles, son como su nombre indica una capa que evita que la fruta y/o verdura tenga un contacto directo con el ambiente, y así evita la rápida proliferación de bacterias, e igualmente alargan su vida útil. Además, mantienen la humedad por más tiempo al ser semipermeables, sin cambiar las propiedades como el sabor, olor y/o textura (Fernández, Echevarría, Mosquera & Paz, 2017). Se pueden clasificar en tres tipos: Hidrocoloides, Lípidos, y Mezclas bifásicas y trifásicas. (Rosero, Espinoza & Fernández, 2020, p.5).

Los hidrocoloides son aquellos que están hechos a partir de polímeros de origen vegetal, animal o sintético. Estos últimos presentan propiedades gelificantes que ocasionan que el recubrimiento tenga una buena estabilidad. Algunos hidrocoloides utilizados son; celulosa, almidón, pectinas de frutas, de origen vegetal; gelatina, suero de leche, de origen animal (Rosero, Espinoza & Fernández, 2020, p.5). Los lípidos que al ser hidrofóbicos crean una capa que protege al alimento de la pérdida de humedad y peso (Rosero, Espinoza & Fernández, 2020, p.6). Las mezclas combinan los dos anteriores y generan una mezcla heterogénea para complementarse entre sí. (Rosero, Espinoza & Fernández, 2020, p.6).

Las ventajas que los recubrimientos comestibles ofrecen sobre las tecnologías mencionadas anteriormente son que al ser una capa delgada y hechas a partir de materiales orgánicos no son tóxicos para la salud y no se perciben a la hora de consumir el producto. Asimismo, la tecnología

que se emplea en su elaboración es simple, usualmente mezcla de componentes. Por otro lado, se les puede adicionar aditivos para mejorar sus propiedades como antioxidantes y/o nutrientes. Además, de mejorar las propiedades del producto y proteger la textura de estos (Fernández, Bautista, Ocampo, García & Rodríguez, 2015).

Para el mango se ha utilizado principalmente recubrimientos comestibles hidrocoloides, así como un recubrimiento a base de cera de abeja que retrasaba la pérdida de peso y el tiempo de maduración en el mango, sin embargo, retraso el cambio de color, por tanto, aunque estaba maduro no tenía el mismo color que otros mangos sin recubrimiento. (Figuroa, Salcedo, Aguas, Olivero & Narváez, 2011). Los mismos autores en el año 2013 realizaron otro recubrimiento de mezcla bifásica, al utilizar almidón de yuca oxidado junto con aceite de ajonjolí, donde se pudo disminuir la actividad respiratoria del mango, para así retrasar su maduración y no cambiar sus propiedades físicas (Figuroa, Salcedo & Narváez, 2013).

Otro estudio realizó un experimento en trozos de mango sin cáscaras desinfectados que fueron sumergidos en una solución de ácido cítrico, ácido ascórbico y cloruro de calcio, para luego utilizar cera de carnauba como complemento hidrofóbico. Con el fin de comparar con otros tipos de empaques como en bolsas de polietileno de alto y baja densidad y cajas PET, todos fueron llevados a refrigeración. Se concluyó que el método que conservo el mango por más tiempo fue la solución más la cera de carnauba, por al menos 24 días más, sin embargo, complementándolo con cajas PET podría durar incluso más su vida útil, además de no cambiar ninguna característica del mango. (Dussán, Torres, & Hleap, 2014).

Posteriormente los mismos autores realizaron otro experimento con la misma metodología, pero esta vez elaboraron dos recubrimientos con la misma composición, donde en uno utilizaron la cera de carnauba y en el otro aceite de aguacate. Obtuvieron que el aceite de aguacate en un 1.2% v/v

tendrá mejor conservación comparado con la cera de carnauba, no obstante, para ambos casos al aumentar el volumen el mango comenzará a cambiar negativamente sus propiedades, que causa un mal sabor y olor de la fruta (Dussán, Ramírez & Hleap, 2017).

Hay muchos estudios donde se analiza el uso de diferentes materiales que han sido realizados en Colombia. Así mismo, se tienen dos estudios realizados en la Universidad Nacional sede Medellín. Uno emplea el uso del quitosano o almidón junto con ácido salicílico o aceites esenciales, donde se obtuvo que el quitosano disminuye cambios en la textura y pérdida de peso en comparación con el almidón, ahora bien, este último reduce los cambios de acidez en el mango. Aunque ambos cumplen con el objetivo de evitar el crecimiento de microorganismos en la fruta (Santacruz, 2021). Un estudio distinto utiliza el gel de aloe vera y cera de carnauba en proporción 50/50, donde gracias a las propiedades de ambos componentes se logró un producto que cumplía con las expectativas, como proteger el mango y no cambiar sus propiedades (Pérez, Aristizábal & Restrepo, 2016).

De lo último analizado, se puede concluir que para la elaboración de recubrimientos comestibles para la conservación de mango se pueden utilizar varios componentes base que logran cumplir con las expectativas de este método de conservación. Dicho esto, se quiere enfatizar en el uso del almidón como ingrediente funcional. El almidón al estar formado por una cadena lineal (amilosa) y una cadena ramificada (amilopectina), presenta propiedades que ayudan a formar un recubrimiento con buenas características, aunque esto se debe principalmente a la amilosa (Solano, Alamilla & Jiménez, 2018).

El almidón se puede encontrar principalmente en el maíz, papa, trigo, arroz entre otros. Aunque, también se puede encontrar en la fibra de algunos alimentos como en el plátano. En el caso del plátano, sus cáscaras contienen 11.58% de fibra (Sedeño, 2022, p.14) y de ahí se pueden obtener

productos como harina y almidón. Para extraer el almidón de las cáscaras, estas deben pasar por un proceso de molienda y secado (Sedeño, 2022, p.23). Ya hay evidencia de recubrimientos comestibles utilizando el almidón de plátano verde para la elaboración de estos, por ejemplo: por medio de un proceso de hidrolisis se obtuvo el almidón de las cáscaras para la elaboración de una película comestible de bioplástico, en este estudio no se evaluó su uso en productos orgánicos, si no su rendimiento como bioplástico, obteniendo un producto con propiedades similares al plástico (Jiménez, Hernández, Collahuazo, Avilés, Pino & García, 2019). Otro estudio realizado utilizó un método más sencillo de obtención, por medio de trituración y secado de las cáscaras de plátano, luego se realizó una mezcla con glicerina, agua destilada y ácido acético, esta se coloca en moldes y se dejan secar a temperatura ambiente, en este caso también se realiza una película comestible y se usa como empaque de un tomate. Esta película genera un mayor tiempo de vida útil en el tomate, evitando tanto su rápida maduración como la proliferación de bacterias (Acosta, 2021).

De acuerdo con lo investigado, no se ha utilizado el almidón de plátano verde para el uso de recubrimientos comestibles para el mango. Pese a la ventaja que presenta la cáscara de plátano al ser rica en almidón.

Se vincula directamente la problemática que existe con los residuos de plátano. La producción genera problemas ambientales debido a la alta demanda de esta fruta, ya que, se utilizan grandes áreas que son afectadas por el uso de pesticidas. Luego el racimo de plátano producido solo representa alrededor del 20% del cultivo total, esto quiere decir que alrededor del 80% son residuos que después son quemados, estos últimos también incluyen las cáscaras de plátano (Sedeño, 2022, p.23). Por otro lado, en la cadena alimentaria, en la etapa que se produce mayor desperdicio es en el consumo, debido a la deficiente planificación que se tiene al comprar un alimento. En la etapa de consumo se pueden generar tres tipos de residuos: Residuos evitables, residuos potencialmente

evitables y residuos que no son comestibles. En este último se incluye las cáscaras (Sedeño, 2022, p.20).

El aprovechamiento que se le puede dar a las cáscaras ayudaría a la reducción de residuos, en vista a tecnologías que generan un nuevo uso de estos (Sedeño, 2022, p.22). Entre estos usos, la extracción de almidón que la cáscara tiene en sus fibras. En síntesis, este proyecto busca un beneficio en el uso de residuos orgánicos, en principio, para extraer materias primas (en este caso el almidón) para disminuir residuos, seguidamente, ayudaría a prolongar la vida útil del mango al utilizar al recubrimiento como su capa protectora. En último lugar, gracias a esta protección se evitaría la producción de bacterias que pueden afectar al mango, y así asegurar un consumo seguro.

Metodología de diseño

La idea principal de este proyecto es el desarrollo de un recubrimiento comestible para la conservación de mango Tommy Atkins, por medio de la investigación de la fase 1 de este proyecto se desarrolló el procedimiento representado en el diagrama 1.

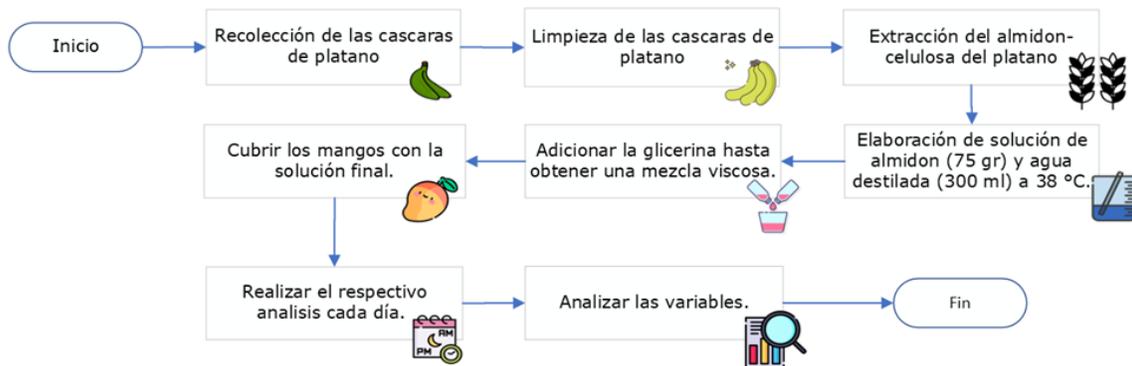


Diagrama 1. Protocolo elaboración de un recubrimiento comestible

Fuente: Propia

La tecnología de la conservación de los alimentos se encuentra en constante actualización debido a ser un proceso importante en la industria alimenticia. En el caso de los alimentos orgánicos tales como verduras y frutas, que utilizan principalmente los métodos de conservación, como son los métodos físicos por ejemplo la refrigeración que tal como su nombre indica utiliza temperaturas bajas para evitar el contacto directo con el ambiente que permite la degradación de estos alimentos. Las nuevas tecnologías de conservación tratan principalmente de que el alimento no tenga contacto directo con el ambiente, tal como los recubrimientos comestibles.

En el proyecto se realizó investigaciones acerca de recubrimientos comestibles de origen animal, vegetal o sintético. Finalmente, luego de analizar varios puntos importantes se decidió la metodología impuesta a través de operaciones unitarias tales como trituración, secado, tamizado entre otras para la obtención del almidón de la cáscara de plátano verde (Acosta, 2021)

En el procedimiento investigado, se seleccionan las cáscaras de plátano verde, para luego lavarlas y desinfectarlas, luego por medio del uso de un rayador se utiliza para disminuir el volumen de las cáscaras, se ponen en un horno por 24 horas a una temperatura aproximada de 60° C, donde una vez pasa el tiempo determinado se dejan enfriar para luego triturarlas. Una vez hecho el procedimiento a través del tamizado, se busca obtener un polvo con tamaños de partículas similares (Acosta, 2021). Para la elaboración del recubrimiento comestible se utiliza el almidón obtenido con glicerina como plastificante y agua destilada. Primero se mezcla el agua destilada junto el almidón hasta que este llegue a su punto de gelatinización, después se agregan la glicerina y se ponen en agitación hasta obtener una mezcla homogénea, donde se sumergirán los mangos o por medio del uso de una brocha se crea una capa delgada que será el recubrimiento comestible.

Como se menciona anteriormente, el almidón obtenido será utilizado para la elaboración de una película comestible para el mango Tommy Atkins. Esta fruta es junto al banano y la piña de las

frutas más comercializadas en el mundo, por lo que dentro del territorio colombiano la producción de esta fruta es muy importante. En Colombia la producción de mango se dedica a cumplir con la demanda nacional de esta. Para inicios del 2020, Cundinamarca fue uno de los departamentos con mayor producción de mango, ya que, produjo aproximadamente 55.000 toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Aunque gran parte de los mangos, luego se vuelven residuos, ya que gran parte de la producción de mango después se desperdician, debido al ineficaz manejo de almacenamiento (Anaya & Pechene, 2017, p.6).

Por lo que de ahí nace la necesidad de encontrar una forma de conservación utilizando la tecnología para desarrollar un proceso verde, que a su vez permita el uso de residuos para el aprovechamiento de estos. En este caso, entra el uso de cáscaras de plátano verde como materia prima para la obtención de almidón. La cáscara de plátano verde posee varios componentes que la forman, por ejemplo, su fibra que equivale al 11.58% de la cáscara (Sedeño, 2022, p.14).

Análisis de restricciones

Como se mencionaba anteriormente, los recubrimientos comestibles en Colombia aún no han sido incluidos en una regulación o política de alimentos, lo cual, limita la información legal requerida para el proyecto,

Para la elaboración del recubrimiento comestible se utilizan productos químicos como hipoclorito de sodio al 1%, Etanol al 95% v/v e hidróxido de sodio. El hipoclorito de sodio al ser una solución con baja concentración no genera un residuo contaminante. El etanol al 95% no es considerado como un producto peligroso para el medioambiente, pero es irritante e inflamable (DISALCO, 2018), por tanto, es preferible tener una disposición adecuada según el reglamento de disposición de residuos de los laboratorios de la universidad Ean. El hidróxido de sodio al ser una

sustancia corrosiva (CISPROQUIM) si debe tener una adecuada eliminación, se debe seguir el reglamento de disposición de residuos de los laboratorios de la universidad Ean.

Al reutilizar la cáscara de plátano verde se disminuye la cantidad de residuos orgánicos que van a rellenos sanitarios, sin embargo, se generan residuos químicos peligrosos. Por tanto, la cantidad de residuos y la peligrosidad de estos es una restricción para la elaboración del recubrimiento comestible a partir de cáscaras de plátano verde, por eso, es importante la implementación de un plan de gestión de los residuos durante el proceso de producción. Cabe resaltar, que el recubrimiento al ser comestible no genera ningún residuo, sin embargo, hay que tener en cuenta que muchas personas, ya sea, por gusto o cultura, prefieren pelar el mango antes de consumirlo, lo cual generaría un residuo adicional. El recubrimiento comestible cumpliría su función conservadora, pero sería desechado.

Otra restricción en la elaboración de recubrimientos comestibles son los errores humanos, ya que, la caracterización física del recubrimiento tiene en cuenta varios ensayos que nunca han sido realizados por los integrantes del proyecto, por tanto, se tiene un alto nivel de incertidumbre en el resultado final de estos. Además, la formulación del recubrimiento es otra restricción del proyecto, como también la validación del protocolo de elaboración del recubrimiento comestible que debe tener exactitud, precisión y reproducibilidad en los resultados.

Por otra parte, los colombianos cada vez están más interesados en crear productos e implementar procesos sostenibles en la industria, esto conlleva a grandes avances en la investigación y tecnología. Pese a esto, una parte de la población siguen siendo personas muy conservadoras y con costumbres muy arraigadas, que no se adaptan fácilmente al cambio. Entonces, introducir en el mercado los recubrimientos comestibles, sin antes hacer un trabajo de campo, como campañas publicitarias de concientización y enseñanza será en vano.

Como los avances tecnológicos e investigativos cada día son mayores, hay una probabilidad que el producto sea fácilmente reemplazado por un producto emergente con características similares con mayor potencial ambiental o económico, o que utilice la misma materia prima. Lo cual, generaría una mayor demanda en la cáscara de plátano verde limitando la accesibilidad de esta, y tal vez, el cobro de esta.

De acuerdo con lo anterior, en el ámbito económico se generarían gastos adicionales en la elaboración del recubrimiento comestible. En primera instancia, la disposición de los residuos peligrosos de la elaboración de los recubrimientos comestibles son un punto importante para tener en cuenta. Segundo, el costo de las campañas publicitarias para enseñar a la población los beneficios del consumo de la fruta completa (mango con cáscara) y que el consumo del recubrimiento comestible no tiene ningún daño para la salud. Tercero, el costo en la mano de obra al repetir análisis de laboratorio. Cuarto, el gasto de energía y agua que se genera al repetir ensayos de laboratorio. Por último, el costo de la cáscara de plátano verde por la alta demanda en el mercado.

Análisis de costos

En la tabla 2, se realiza el análisis de costos de las materias primas para la elaboración del recubrimiento comestible en el laboratorio de la Universidad Ean. En el anexo 1, se muestra la información en cuanto al costo de energía de cada equipo a utilizar en el laboratorio, y en el anexo 2 se muestran las cantidades y los costos de los insumos empleados en el laboratorio.

Tabla 2.

Análisis de costos de materias primas

Materias Primas	Cantidad	Costo	Residuos	Disposición de residuos por gramo
Mangos	30 unidad	45300 COP (Precio por ciudades – Federación Mangos de Colombia, s. f.)	0 gramos	-
Plátanos	7 kg	16800 COP (Radio, 2022)	14700 gramos	14700 g * 300 COP =4410000 COP
Agua Desmineralizada	3 L	9600 COP (Agua Desmineralizada O Destilada, s. f.)	-	-
Agua de la red publica	15 L	15,43 COP	10 L~	-
Glicerina	10 ml	1075 COP (Glicerina Pura Drofarma Frasco X20ML., s. f.)	-	-
Etanol al 85%	80 ml	632 COP (Alcohol etílico desnaturalizado Industrial a 96° / galón 4 litros, s. f.)	-	-

Hipoclorito de sodio al 1%	10 ml	169.5 COP (Newstetic)	-	-
Jabón Neutro	200 ml	1700 COP (Jabón Detergente Liquido Ph Neutro X 1000ml, s. f.)	-	-
Yodo (Tintura)	10 ml	644.38 COP (TINTURA DE YODO 30 ML X 6 UDS, s. f.)		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta tabla muestra los precios de las diferentes materias primas utilizadas en el laboratorio.

En la tabla 3, se realiza el análisis general de costos, teniendo en cuenta los anexos 1 y 2, en los cuales se hace referencia a los costos de los equipos e insumos a utilizar para la elaboración del recubrimiento comestible en el laboratorio de la Universidad Ean.

Tabla 3.

Análisis de costos global

	Costo Global	
Materias	75956.31 COP	
Primas		
	Costo de los equipos	Costo de uso
Equipos	55.267.541 COP	3048,87 COP
Insumos	130598,5 COP	
Total	55.477.144,37 COP	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se resumen los costos de operación y/o de inversión a nivel laboratorio para la producción del recubrimiento, y con los cuales se puede estimar que para cada mango el valor del recubrimiento tendría un valor de 2633 COP aproximadamente. Se puede estimar que los primeros años la inversión será más alta que los ingresos, esto mientras se encuentra una solución como nuevos proveedores de materias primas y de equipos a nivel de planta si se desea escalar el proyecto.

Se plantea que anualmente se vendan 1000 unidades de recubrimientos comestibles, es decir, 2633000 COP, por tanto, al realizar el cálculo del costo beneficio se obtiene:

$$\frac{2633000}{55.477.144,37} = 0.043$$

Como el valor del costo beneficio es < 1 el proyecto no es viable, es decir, no se recuperará la inversión en un corto periodo de tiempo.

Análisis de impacto

En la tabla 4 se muestran las actividades, aspectos e impactos ambientales asociados a la validación del protocolo de elaboración de recubrimientos comestibles a partir de cáscaras de plátano verde para la conservación de mango Tommy Atkins.

Tabla 4.

Análisis de aspectos e impactos ambientales

ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
Consumo de energía	Emisiones de Co2	Generación de GEI
		Contaminación del agua

Uso de recursos hídricos	Generación de emisiones	Contaminación del agua
Lavado de cáscara de plátano verde	Generación de vertimientos	Reducción de recursos naturales Contaminación del suelo Contaminación del agua
Mangos dañados	Generación de olores ofensivos	Contaminación del suelo Contaminación del aire
Inadecuado manejo de los residuos sólidos (aparición de roedores)	Aumento carga rellenos sanitarios	Contaminación del agua
Quema de residuos orgánicos	Generación de vectores	Contaminación del suelo Riesgo afectación a la salud de las personas
	Generación de emisiones	Contaminación del aire
Generación de residuos solidos	Aumento carga rellenos sanitarios	Contaminación del suelo Contaminación del agua Contaminación del suelo
		Contaminación de fuentes hídricas Contaminación del aire

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de datos

En primera instancia se debe tener en cuenta el rendimiento de extracción del almidón de cáscara de plátano verde que se obtiene a través de la siguiente formula:

$$\%rendimiento = \frac{\text{Peso de harina de platano verde}}{\text{Peso de la cascara de platano verde}} * 100\%$$

Al aplicarla con los datos, se obtiene que:

$$\%rendimiento = \frac{52.88 \text{ g}}{200 \text{ g}} * 100\% = 26.4\%$$

Esto quiere decir que del 100% de la cáscara de plátano verde tratado, solo el 26.4% es harina de cáscara de plátano verde, por lo tanto, el rendimiento es bajo. Esto se debe al contenido de humedad de las cáscaras de plátano verde, contenido de compuesto volátiles, y posiblemente a la disminución de la cantidad de harina por pérdidas en los procesos de molienda y tamizado, ver ilustración 1.



Ilustración 1. Molienda de la cáscara deshidratada de plátano verde

Fuente: Propia

Para evidenciar la presencia de almidón en la harina de cáscara de plátano verde se debe realizar la prueba de Lugol, que consiste principalmente en “la reacción entre el yodo (presente en el reactivo Lugol) y el almidón” (Aragón) presente en la harina de cáscara de plátano. Si hay presencia de almidón se obtiene una solución de color violeta oscuro, y en el caso de no tener presencia de almidón se obtiene una solución de color anaranjado. En la ilustración 2 se puede

evidenciar el resultado de la prueba de Lugol, en la cual se identifica la presencia de almidón en la harina de cáscara de plátano verde obtenida.

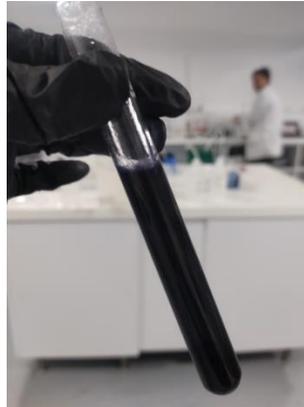


Ilustración 2. Prueba del Lugol

Fuente: Propia

Una vez garantizada la presencia de almidón en la harina se prosigue con el protocolo de elaboración del recubrimiento comestible. En el proceso de blanqueamiento de la harina se realizaron varios lavados de la harina con distintas soluciones (etanol al 95% v/v, hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio al 1 %). En la ilustración 3, se puede observar el blanqueamiento de la harina de cáscara de plátano verde con hipoclorito de sodio al 1 % durante 24 horas, en la cual se observa que solo una pequeña cantidad de la harina se blanquea. Por lo anterior se pudieron presentar por dos situaciones, la primera, es que el proceso de blanqueamiento no cumple con los requisitos del protocolo, puesto que solo blanquea cierta cantidad de la harina de cáscara de plátano verde.

La segunda situación, es que el contenido de almidón en la harina de cáscara de plátano verde es muy bajo, es decir, hay presencia de almidón, pero también (en mayor proporción) hay residuos orgánicos de la cáscara de plátano verde.



Ilustración 3. Blanqueamiento de la harina de cáscara de plátano verde

Fuente: Propia

Por tanto, se optó por utilizar la harina sin el proceso de blanqueamiento, ya que, no se notaba una gran diferencia en el color de la harina. Para la elaboración de la solución del recubrimiento comestible se utilizaron diferentes cantidades de agua destilada, harina de cáscara de plátano verde y glicerina como plastificante (ver tabla 5). De esta manera, se obtuvieron diferentes soluciones de color café y consistencia espesa, como se aprecia en la ilustración 4. La solución del recubrimiento que presento mejores características fue la solución 1 (S1).

Tabla 5.

Análisis de soluciones de recubrimiento comestible

Solución	de Porcentaje v/v de los
Recubrimiento	componentes
S1	Glicerina: 2 % Almidón: 7.5 % Agua: 90.5 %
S2	Glicerina: 2.5 % Almidón: 8 % Agua: 89.5 %
S3	Glicerina: 3 %

Almidón: 9 %

Agua: 88 %

Nota: El porcentaje sobrante fue agua destilada.



Ilustración 4. Solución Recubrimiento Comestible

Fuente: Propia

De acuerdo con lo establecido en la metodología, se elaboró el recubrimiento comestible para la conservación de mango Tommy Atkins. Se realizó un estudio de carácter cualitativo con el fin de recopilar datos no numéricos y probar la funcionalidad del recubrimiento. La validación se realizó en 6 mangos, de los cuales tres de estos mangos fueron recubiertos y tres no con el objetivo de mostrar el funcionamiento del recubrimiento comestible. La validación se llevó a cabo durante 7 días donde se tomaron evidencias fotográficas el día 1, 4 y 7, además, se llevó a cabo un análisis sensorial del mango los mismos días. Para el día 1, ver ilustración 5, los mangos fueron fotografiados sin el recubrimiento con el fin de mostrar la apariencia natural de este.



Ilustración 5. Mango sin recubrimiento (día 1)

Fuente: Propia

Para realizar el análisis sensorial se definió una escala de calificación, la cual se muestra en la tabla 6.

Tabla 6.

Escala de calificación análisis sensorial

Puntaje	Nivel de agrado
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Fuente: Propia

El día 1 se realizó un análisis sensorial de los mangos, todos sin el recubrimiento comestible, los cuales tenían un estado de maduración medio (color verde y amarillo), y presentaron una apariencia agradable a la vista, olor dulce y al tacto se siente firme (duro), ver tabla 7.

Tabla 7.

Análisis sensorial - Día 1

Análisis sensorial - Día 1			
N°	Color	Olor	Consistencia
1	5	5	5

2	5	5	5
3	5	5	5
4	5	5	5
5	5	5	5
6	5	5	5

Nota: los mangos sin el recubrimiento comestible fueron los mangos 1,2 y 3.

Es importante resaltar que el recubrimiento comestible es café oscuro, lo cual dificulta observar el estado de maduración de los mangos, sin embargo, la consistencia ayuda a definir esta característica. Para el día 4 los mangos con recubrimientos no cambiaron de apariencia (ver ilustración 6) a diferencia del mango sin recubrimiento que se empezó a madurar (ver ilustración 7).



Ilustración 6. Mangos con recubrimiento (día 4)

Fuente: Propia



Ilustración 7. Mango sin recubrimiento (día 4)

Fuente: Propia

Como se puede apreciar en las imágenes los mangos sin recubrimiento al estar en contacto directo con el entorno comenzaron su proceso de maduración más rápido, mientras que los demás mangos seguían casi igual que al principio de la validación. La apariencia de los mangos sin recubrimientos comenzó a cambiar, su color era amarillo intenso, presentaban un olor dulce y al tacto se sienten más blandos, mientras que los demás mangos (4, 5 y 6) con el recubrimiento comestible conservaban las características del día 1, ver tabla 8.

Tabla 8.

Análisis sensorial - Día 4

Prueba sensorial día 4				
N°	Color	Olor	Consistencia	
1	3	5	4	
2	3	5	4	
3	3	5	5	
4	5	5	5	
5	5	5	5	
6	5	5	5	

Nota: los mangos sin el recubrimiento comestible fueron los mangos 1,2 y 3.

Para el día 7 se realizó la evidencia fotográfica y el análisis sensorial de la tabla 9. La apariencia del mango sin recubrimiento comenzó a ser poco apetitoso, además de emitir un olor fuerte de inicios de putrefacción y al tacto se sentía muy blando (ver ilustración 8). Mientras que los mangos con recubrimiento seguían con una buena apariencia, su olor era dulce y al tacto se sentía duros como el día 1 (ver ilustración 9,10 y 11).



Ilustración 8. Mangos sin recubrimiento (día 7)

Fuente: Propia



Ilustración 9. Mango con recubrimiento (día 7)

Fuente: Propia



Ilustración 10. Mango con recubrimiento (día 7)

Fuente: Propia



Ilustración 11. Mango con recubrimiento (día 7)

Fuente: Propia

Tabla 9.

Análisis sensorial - Día 7

Prueba sensorial día 4			
N°	Color	Olor	Consistencia
1	3	2	2
2	3	2	2
3	3	2	2
4	5	5	5
5	5	5	5
6	5	5	5

Nota: los mangos sin el recubrimiento comestible fueron los mangos 1,2 y 3.

Análisis de resultados

Para validar el funcionamiento del recubrimiento comestible se siguió el protocolo propuesto, el cual exponía paso a paso el proceso de elaboración del recubrimiento comestible a partir de cáscaras de plátano verde.

Durante los procesos de secado, molienda y tamizado se pudo evidenciar pérdida de materia prima debido a errores humanos por mala manipulación de los equipos de laboratorio. A pesar de esto, se logró obtener una buena cantidad de harina de cáscara de plátano verde, la cual se llevó a un proceso de blanqueamiento que en cierta medida no funciono, puesto que, la cantidad de harina

que cambio de color (de café a blanco) era muy poca. Por esta razón, se decidió trabajar con la harina de cáscara de plátano sin el proceso de blanqueamiento.

Por lo anterior, el recubrimiento comestible obtenido es de color café oscuro, lo cual dificulta en análisis visual en los mangos con recubrimiento, puesto que, no se puede observar fácilmente el estado de maduración de los mangos, sin embargo, la consistencia (tacto) ayuda a definir esta característica.

El recubrimiento comestible este compuesto por agua destilada, harina de cáscara de plátano verde y glicerina. Se elaboró el recubrimiento comestible mezclando las materias primas mencionadas anteriormente hasta obtener una solución homogénea, luego se calentó la solución hasta 84 °C, allí se dejó enfriar la solución a 50 °C y se aplicó el recubrimiento a tres mangos mediante inmersión.

La validación del funcionamiento del recubrimiento se realizó en tres mangos con recubrimiento y tres sin él, con el fin de comparar el proceso de conservación entre ellos.

Se realizó un análisis visual y sensorial los días 1, 4 y 7, obteniendo como resultado un cambio en el estado de maduración (color) de los mangos sin recubrimiento comestible a partir del día 4. Los mangos con el recubrimiento comestible presentaban un cambio de color leve (amarillo claro). Adicional a esto, se observó cambio en la consistencia en los mangos sin recubrimientos pasando de firme a blando.

Conclusiones

Se realizó la validación del protocolo propuesto en la fase 1 de este proyecto “Recubrimiento Comestible para la Conservación de Mango Poscosecha a partir de Cáscaras de Plátano Macho Verde (*Musa Paradisiaca* L.) - Fase 1” (Castro, Castro, & Rodríguez, 2022) con el fin de validar la funcionalidad del recubrimiento comestible. Se desarrollaron las etapas del protocolo en el laboratorio de la universidad Ean. Se realizó la limpieza y el lavado de la cáscara de plátano, la obtención del almidón-celulosa a partir de los procesos de secado, molienda y tamizado, el blanqueamiento del almidón-celulosa, y la conservación de tres mangos con recubrimiento y tres mangos sin él.

Se obtuvo la harina de cáscara de plátano macho verde, a la cual se le realizó la prueba de Lugol, obteniendo como resultado presencia de almidón.

Posteriormente, se realizó la formulación del recubrimiento comestible, la cual contiene agua, harina de cáscara de plátano macho verde y glicerina. Se quería elaborar un recubrimiento de color claro (blanco o transparente) pero solo una pequeña cantidad de la harina de cáscara de plátano verde se blanqueó. De acuerdo con lo anterior el proceso de blanqueamiento no cumple con los requisitos del protocolo propuesto.

Se elaboró la prueba de funcionalidad del recubrimiento comestible para la conservación de mango Tommy Atkins. La prueba se realizó a tres mangos con recubrimiento y tres mangos sin él, en la cual se pudo determinar que durante los 7 días que lleva la validación, el recubrimiento ha ayudado a conservar las características organolépticas del mango. Los mangos con el recubrimiento comestible presentan un lento avance de maduración, a diferencia de los mangos sin el recubrimiento que presenta un cambio acelerado en el color y estado de maduración.

Adicional a esto, estos mangos presentan cambio en la consistencia, pasando de un mango firme (estado de maduración verde) a un mango con consistencia blanda (color amarillo).

La formulación del recubrimiento comestible se hizo utilizando diferentes cantidades de almidón y glicerina para obtener un producto lo más acorde con las necesidades requeridas. La solución que cumplía más con las características requeridas por la S2, al tener una mejor apariencia y cumplir con mejor con su funcionalidad.

Para concluir se realizó la validación del protocolo de elaboración del recubrimiento comestible partir de cáscaras de plátano macho verde (*Musa Paradisiaca L.*) para la conservación de mango Tommy Atkins poscosecha durante 7 días, a pesar de que no se cumplió con el periodo de validación (16 días), el recubrimiento comestible presenta características que ayudan a conservar el mango Tommy Atkins.

En cuanto al análisis de costos, se puede decir que la realización del proyecto no es viable, ya que se obtuvo un valor de costo/beneficio < 1 , por tanto, no es conveniente realizar el proyecto, ya que se tendrán pérdidas económicas.

Recomendaciones

A pesar de que el recubrimiento comestible ayuda a preservar el mango se recomienda trabajar en próximas investigaciones en un método de extracción de harina de plátano verde más eficiente, de igual forma, se recomienda investigar nuevas metodologías de blanqueamiento para la harina de cáscara de plátano verde, y así mejorar la apariencia del recubrimiento comestible.

Referencias

- Acosta López, S. A. (2021). Obtención y caracterización de una biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB simmonds*) para el uso en alimentos.
- Agua Desmineralizada O Destilada. (s. f.). *MercadoLibre*. Recuperado 30 de octubre de 2022, de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-597595237-agua-desmineralizada-o-destilada- JM?matt_tool=50019935](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-597595237-agua-desmineralizada-o-destilada-JM?matt_tool=50019935)
- Alcohol etílico desnaturalizado Industrial a 96° / galón 4 litros. (s. f.). *detercol.com*. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://www.detercol.com/galon-alcohol-etilico-a-96-7701234567891.html>
- Alzate, C. A. C., Toro, Ó. J. S., Arango, J. A. R., & Ramírez, L. E. A. (2004). Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista colombiana de biotecnología*, 6(2), 78-89.
- Anaya, M. M. M., & Pechene, J. C. Q. (2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. In *Memorias de Congresos UTP* (pp. 194-201).
- Anchundia K, Santacruz S, Coloma J. (2016). *Caracterización Física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (Musa paradisiaca)*. *Rev Chil Nutr* 2016; 43(4):394-9
- Aragón, L. (s. f.). Prácticas de Laboratorio - 3o curso del grado en educación infantil asignatura: didáctica del medio natural. Universidad de Cádiz. <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/20933/PR%C3%81CTICAS%20DE%20LABORATORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=PRUEBA%20DEL%20YODO%20O%20LUGOL,de%20almid%C3%B3n%20en%20algunos%20alimentos>.
- Arango Correa, A., & Barbutin Díaz, H. (2018). Productos de valor agregado a partir de residuos de cosecha y postcosecha del plátano para el desarrollo territorial del Municipio de San

- Juan de Urabá. Instituto Tecnológico Metropolitano. Recuperado 19 de agosto de 2022, de https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/4451/Rep_Itm_mae_Arango.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Babio, N., Casas-Agustench, P., & Salas, J. (2020). Alimentos ultraprocesados. *Revisión crítica, limitaciones del concepto y posible uso en salud pública. Universitat Rovira i Virgili.*
- Binda, N. U., & Balbastre-Benavent, F. (2013). Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. *Revista de Ciencias económicas, 31(2)*, 179-187.
- Bandeja Rectangular Para Cocina Acero Inoxidable 39*29*2. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-937680179-bandeja-rectangular-para-cocina-acero-inoxidable-39292- JM>
- Caja O Placa De Petri En Vidrio De 60x15 Mm. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-815365462-caja-o-placa-de-petri-en-vidrio-de-60x15-mm- JM>
- Cámaras de calor con convección natural de BINDER. (s. f.). Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://www.binder-world.com/es/productos/camaras-de-calor-y-de-secado/serie-ed-avantgardeline>
- Castillo, H. H., & Arrieta, G. (2014). Plazas de mercado en Bogotá, generadoras de residuos y desarrollo. *Bogotá: CONAMA.*
- Castro, L., Castro, M., & Rodríguez, Y. (2022). *Recubrimiento comestible para la conservación de mango poscosecha a partir de cáscaras de plátano macho verde (Musa Paradisiaca L.) - Fase I.*

Cuchillo De Cocina. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-598593673-cuchillo-de-cocina-_JM?matt_tool=19390127

CISPROQUIM. (s. f.). HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD HIDROXIDO DE SODIO. http://www.plataformacaldera.cl/biblioteca/589/articles-64977_documento.pdf

Desecador Con Perilla De Plástico. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-940143718-desecador-con-perilla-de-plastico-_JM

DISALCO. (2018). ALCOHOL ETILICO 95o BITREX <https://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/9175.pdf>

DNP. (2020). *Política para la prevención y reducción de las pérdidas y desperdicios de alimentos*. https://dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%205/1_Avances_Politica_para_prevenion_reduccion_de_perdidas_desperdicios_alimentos.pdf

DNP. (2016). *Pérdida y Desperdicio de Alimentos en Colombia*. https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf

Dussán-Sarria, S., Ramírez-Yela, J. I., & Hleap-Zapata, J. I. (2017). Conservación de Mango Mínimamente Procesado usando un Recubrimiento Comestible a base de Aceite de Aguacate. *Información Tecnológica*, 28(3), 67–74. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.4067/S0718-07642017000300008>

Dussán-Sarria, S., Torres-León, C., & Hleap-Zapata, J. I. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y de Diferentes Empaques durante el Almacenamiento Refrigerado de Mango

- Tommy Atkins Mínimamente Procesado. *Información Tecnológica*, 25(4), 123–130.
<https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.4067/S0718-07642014000400014>
- Exotic Fruit Box. (2021). *El Mango ¿todo lo que necesitas saber sobre él!*
<https://exoticfruitbox.com/frutas-exoticas/mango/>
- FAO. (s. f.). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*.
<https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s08.htm>
- Fernández, N.M, Echevarría, D.C, Mosquera, S.A, & Paz, S.P. (2017). Estado Actual Del Uso De Recubrimientos Comestibles en Frutas Y Hortalizas. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134–141. [https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.18684/BSAA\(15\)134-141](https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.18684/BSAA(15)134-141)
- Fernández-Valdés, D., Bautista-Baños, S., Ocampo-Ramírez, A., García-Pereira, A. & Rodríguez, A.F. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–56.
- Figueroa, J.A., Salcedo, J.G., & Narváez, G.J. (2013). EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE ALMIDÓN NATIVO Y OXIDADO DE YUCA SOBRE LA CALIDAD DE MANGO (Tommy Atkins). *Temas Agrarios*, 18(2).
- Figueroa, J., Salcedo, J., Aguas, Y., Olivero, R., & Narváez, G. (2011). Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 3(2). <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.24188/recia.v3.n2.2011.414>
- Gil-Albert Velarde, F. (2016). *UF0013 Recolección, transporte, almacenamiento y acondicionamiento de la fruta*. Ediciones Paraninfo, SA.

Gómez, E. (2011). Recubrimientos para frutas y hortalizas. *V curso internacional tecnología poscosecha y procesamiento mínimo*, 32.

Glicerina Pura Drofarma Frasco X20Ml. (s. f.). Farmatodo Colombia. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://www.farmatodo.com.co/producto/1035752-glicerina-pura-drofarma>

Guante Nitrilo Azul Thin Alfasafe Talla S Caja x 100Uni. (2022, 21 agosto). Farmatodo Colombia. https://www.farmatodo.com.co/producto/212250491?gclid=Cj0KCQjwwfiaBhC7ARIsAGvcPe593EozpUN0wkKUPtha5rWQ0z8ECEwZKKbRXsxBAvOkyrI2JCp88rIaAm94EALw_wcB

Gutiérrez Pereyra, G. A. (2021). Estudio de la cadena de suministro de alimentos perecederos.

Haro-Velasteguí, A. J., Borja-Arévalo, A. E., & Triviño-Bloisse, S. Y. (2017, 1 mayo). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. Dialnet. Recuperado 19 de agosto de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325873>

Herramientas Generales Pinzas Industriales. (s. f.). Envío gratis. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-560835377-herramientas-generales-pinzas-industriales- JM?matt_tool=19390127

Invierta en Colombia. (2020). *Frutas y verduras*. <https://investincolombia.com.co/es/sectores/agroindustria-y-produccion-de-alimentos/frutas-y-verduras#:~:text=En%202019%20el%20consumo%20aparente,%2C2%25%20respecto%20a%202015.>

Jabón Detergente Líquido pH Neutro X 1000ml. Mercado Libre. Recuperado el 30, 2022, de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-573792307-jabon-detergente-liquido-ph-neutro-x-1000ml- JM>

Jiménez, A., Hernández, K., Collahuazo-Reinoso, Y., Avilés, R., Pino, J., & García, M. (2019). Película comestible a partir de cáscara de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(3), 49–57.

Maldonado-Astudillo, Y. I., Navarrete-García, H. A., Ortiz-Morales, Ó. D., Jiménez-Hernández, J., Salazar-López, R., Alia-Tejacal, I., & Álvarez-Fitz, P. (2016). Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(3), 207-214.

Mango.org. (2021). *Nutrición Del Mango*. <https://www.mango.org/es/nutrition-del-mango/#:%7E:text=El%20Mango%20Tiene%20Potencia%20Nutricional&text=Una%20porci%C3%B3n%20de%203%2F4,sistema%20inmunol%C3%B3gico%20de%20su%20cuerpo>.

Martínez, R. R., & Díaz, F. A. E. (2010). Las enfermedades crónicas no transmisibles en Colombia. *Boletín del observatorio en salud*, 3(4)

Melo, A. G., Levesque, S., & Moineau, S. (2018). Phages as friends and enemies in food processing. *Current opinion in biotechnology*, 49, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.09.004>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). CADENA DEL MANGO Indicadores e instrumentos. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>

- Moreno-Bayona, J. A. (2018). Niveles de sedentarismo en estudiantes universitarios de pregrado en Colombia. *Revista cubana de salud Pública*, 44, e881.
- Newstetic. Enzohip-1 Hipoclorito de Sodio al 1% x litro. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://newstetic.tiendaweb.com.co/p/enzohip_1-hipoclorito-de-sodio-al-1%-x-litro/
- Navarro, H. (2013). Logística en la cadena de frío. *Revista Zona Logística*, 34-37
- Niemira, B. A. (2012). Cold plasma decontamination of foods. *Annual review of food science and technology*, 3, 125-142.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2000). *Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala - Procesos*. fao.org. <https://www.fao.org/3/x5062s/x5062S08.htm#:~:text=Los%20m%C3%A9todos%20de%20conservaci%C3%B3n%20que,natural%20de%20frutas%20y%20hortalizas.>
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: ventas, fuentes, perfiles de nutrientes e implicaciones. *IRIS PAHO*. <https://doi.org/10.37774/9789275320327>
- Paniagua, R. (2015). *Metodología para la validación de una escala o instrumento de medida*. Universidad de Antioquia. <https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/d76a0609-c62d-4dfb-83dc-5313c2aed2f6/METODOLOG%C3%8DA+PARA+LA+VALIDACI%C3%93N+DE+UNA+ESCALA.pdf?MOD=AJPERES>
- Pérez, A. F., Aristizábal, I.D., & Restrepo, J.I. (2016). Conservación de mango Tommy Atkins mínimamente procesado mediante la aplicación de un recubrimiento de aloe vera (*Aloe barbandensis* Miller). *Vitae*, 23(1).

Precio por ciudades – Federación Mangos de Colombia. (s. f.). Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://www.fedemango.org/precio-del-mango-por-ciudad/>

Probetas En Vidrio - Base Redonda - 50 MI. (2022, November 26). Instrumentalia S.A.S. Recuperado 30 de octubre de 2022. https://instrumentalia.com.co/material-vidrio/10552-probetas-en-vidrio-base-redonda-50-ml.html?gclid=Cj0KCQiAj4ecBhD3ARIsAM4Q_jFaZO7H7LUL46-0xTskBk1x83ZZseQKCjRbzKL4wxLoREQ_JpsZbgkaAuYqEALw_wcB

Radio, C. (2022, 17 agosto). Suben los precios de los plátanos tras varios meses de estabilidad. Caracol Radio. https://caracol.com.co/programa/2021/09/18/al_campo/1631981850_801056.html

Resolución N°. 005109 de 2005. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL (29 diciembre de 2005).
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion%205109%20de%202005.pdf>

Rosero, A., Espinoza-Montero, P. & Fernández, L. (2020). Recubrimientos Comestibles Con Materiales Micro/Nanoestructurados Para La Conservación De Frutas Y Verduras: Una Revisión. *InfoANALÍTICA*. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.26807/ia.vi.181>

Rozo Bernal, C. (2004). Propiedades funcionales de los alimentos y su importancia en la salud. *Revista de la Universidad de La Salle*, 2004(37), 88-96.

Salvatierra, I. (2019). Manual de conservación de alimentos. (2.a ed.). <https://www.curriculumnacional.cl/docentes/Diferenciado-Tecnico-Profesional/Alimentacion/181497:MANUAL-DE-CONSERVACION-DE-ALIMENTOS>

Santacruz Terán, S. (2021). Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(1), 9461–9469. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.15446/rfnam.v74n1.83837>

Sañud, S. O. & Guerrero, C. R. (2019, mayo). Aprovechamiento de cáscara de banano para la producción de un textil aplicado a productos de exportación. repository.javeriana.edu.co. Recuperado 26 de septiembre de 2022, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/45500/Proyecto%20de%20Grado%20-%20Aprovechamiento%20de%20c%C3%A1scara%20de%20banano.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Sedeño, K. R. (2022). Generación de residuos de plátano y su posible utilización para apoyar la seguridad alimentaria.

Solano-Doblado, L.G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 21(Supl 2), 30–42. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>

Tabla De Cortar Con Patas Antideslizantes Y Ranura Para Zumo. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-598395610-tabla-de-cortar-con-patas-antideslizantes-y-ranura-para-zumo-JM?matt_tool=19390127

TINTURA DE YODO 30 ML X 6 UDS. (s. f.). Drogas La Bastilla Centro. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://droguerialabastilla.com/products/tintura-de-yodo-drogam-30-ml-6-uds?variant=36817016520870>

Unidad Administrativa Especial De Servicios Públicos Bogotá. (2010). PROGRAMA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D. C. Obtenido de UAESP: Recuperado de: https://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/documentos/programaorganicos.pdf

UPRA Unidad de Planificación. (s. f.). Evaluación de tierras: zonificación. <https://upra.gov.co/uso-y-adequacion-de-tierras/evaluacion-de-tierras/zonificacion>

Varela Arévalo, M. T., Tenorio Banguero, Á. X., & Duarte Alarcón, C. (2018). Prácticas parentales para promover hábitos saludables de alimentación en la primera infancia en Cali, Colombia. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 22(3), 183-192.

Vaso De Precipitado De Vidrio Graduado Beaker De 1000 ML. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-826209702-vaso-de-precipitado-de-vidrio-graduado-beaker-de-1000-ml- JM?matt_tool=19390127

Vázquez Correa, Á. (2021). Innovación tecnológica en los métodos de conservación de alimentos.

Wang, Y., & Dai, T. (2018). Antimicrobial blue light: a drug-free approach for inactivating pathogenic microbes. In *Light-Based Diagnosis and Treatment of Infectious Diseases* (Vol. 10479, pp. 28-33). SPIE

30kg 0.1g Balanza De Laboratorio Electrónica Digital De Alt. (s. f.). MercadoLibre. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-648620233-30kg-01g-balanza-de-laboratorio-electronica-digital-de-alt- JM>

Anexos

Anexo 1.

Análisis de costos de Equipos

Equipos	Utilidad	Costo	Energía	Precio kWh	Cantidad de horas de uso	Costo por uso
Horno Binder	15-20 años	39.145.000 COP (Cámaras de calor con convección natural de BINDER, s. f.)	450 W	275 COP	24 horas	2970 COP
Desecador	10 años	479.727 COP (Desecador Con Perilla De Plástico, s. f.)	-		24 horas	-
Balanza Digital	1-2 años	689.718 COP (Mercado Libre)	5 W		0,5 horas	0,6875 COP
Molino	10 años	-	1.5 W		0,3 horas	0,124 COP
Balanza analítica	10 años	1.436.655 COP	8 W		0,3 horas	0,66 COP

Agitador Hei- TORQUE 100	10 años	11.916.441 COP	105 W		0,3 horas	8,6625 COP
Plancha de agitación	5 años	1.600.000 COP	500 W- 3000 W		0,5 horas	68,75 COP

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta tabla muestra los precios de los diferentes equipos utilizados en el laboratorio.

Anexo 2.

Análisis de costos de insumos

Materiales	Utilidad	Cantidad	Costo
Placas de Petri	5 años	5	45000 COP (Caja O Placa De Petri En Vidrio De 60x15 Mm)
Bandejas de acero inoxidable	5 años	1	29400 COP (Bandeja Rectangular Para Cocina Acero Inoxidable 39*29*2)
Cuchillo	10 años	1	6969 COP (Cuchillo De Cocina)
Tabla para cortar	2 años	1	12469 COP (Tabla De Cortar Con Patas Antideslizantes Y Ranura Para Zumo)
Beaker de 1 litro	5 años	1	32.999 COP (Vaso De Precipitado De Vidrio Graduado Beaker De 1000 MI)
Pinzas	2 años	1	3452 COP (Pinzas Industriales)

Guantes de nitrilo	1 semana	2	309.5 COP (Guante Nitrilo Azul Thin Alfasafe Talla S Caja x 100Uni, 2022)
Probeta de 50 ML	5 años	2	50.000 COP

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta tabla muestra los precios de los diferentes materiales utilizados en el laboratorio.