

FABRICACION DE UNA PELICULA COMESTIBLE A PARTIR DE ALGINATO DE
SODIO

INGRID JULIANA MOYA HERNANDEZ

Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO QUIMICO

Directora

GLORIA ASTRID NAUSA GALEANO

M.Eng. Ch. En

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Gloria Astrid Nausa Galeano
Firma del Director

Firma Docente Jurado 1

Firma Docente Jurado 2

Bogotá D.C, febrero de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

DR. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero institucional

DR. LUIS JAIME POSADA GARCÍA PEÑA

Vicerrectoría Académica y de Investigaciones

DRA. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero

DR. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

DR. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decano de la Facultad de Ingenierías (E)

DRA. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director del Programa de Ingeniería Química

ING. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

DEDICATORIA

“La familia es base de la sociedad y el lugar donde las personas aprenden por vez primera los valores que les guían durante toda su vida”. Juan Pablo II

Quisiera dedicarle este nuevo logro a mi familia, a mis abuelos, a mis papás, quienes desde el inicio de mis estudios estuvieron ahí guiándome y apoyándome para que pudiera lograr ser una profesional y poder seguir adelante, este logro no es solo mío sino una parte también de ustedes. Así mismo a mi novio el cual fue un soporte en toda la carrera y me acompañó muchas veces mientras traspasaba o no podía más.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todos aquellos que hicieron parte de mi proceso académico, principalmente a mi familia el cual fue un apoyo incondicional y siempre me alentaron, a mi novio por ayudarme cada vez que lo necesitaba, a mis compañeros y compañeras de la carrera que fueron un apoyo y compañía a lo largo de estos 5 años.

Asimismo, agradecerle a la ingeniera Yenny Hernández y a la laboratorista Jeidy Alfonso, por su orientación y colaboración siempre que fuera necesario en la parte experimental de este trabajo y también a los docentes de la Fundación Universidad de América que me brindaron los conocimientos durante el trayecto de la carrera para lograr llegar a este momento.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	15
METODOLOGÍA	16
1. GENERALIDADES	17
1.1. Las fresas	17
<i>1.1.1. Disponibilidad en Colombia</i>	18
<i>1.1.2. Tipos de fresa</i>	18
<i>1.1.3. Enfermedades en el fruto de la fresa</i>	22
1.2. Los recubrimientos comestibles	23
<i>1.2.1. Propósitos</i>	23
<i>1.2.2. ¿Qué son?</i>	24
<i>1.2.3. Métodos de fabricación</i>	24
<i>1.2.4. Aplicación</i>	26
1.3. Variables para la fabricación de una película comestible	26
<i>1.3.1. Variables</i>	26
<i>1.3.2. Insumos</i>	27
1.4. Diseño de experimentos	39
2. Preparación y fabricación	40
2.1. Equipos y materiales	40
2.2. Frutos de fresa	41
2.3. Método de extracción del gel	42
2.4. Elaboración de la película	44

2.5.	Aplicación del recubrimiento en la fresa	46
2.6.	Caracterización	47
2.6.1.	<i>Película</i>	47
2.6.2.	<i>Fruto</i>	59
3.	CONCLUSIONES	72
	BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Distribución de áreas sembradas de fresa en Colombia	18
Figura 2 Acido Guluronico y Manuronico	26
Figura 3 Estructura alginato de sodio	27
Figura 4 Estructura y microestructura de la hoja de aloe vera	29
Figura 5 Estructura molecular básica de la pectina	31
Figura 6 Estructura molecular básica del glicerol	32
Figura 7 Imágenes de cultivos albión (izquierda) y Sabrina (derecha).	35
Figura 8 Frutos recolectados para aplicar los tratamientos	35
Figura 9 Sábila escurriendo acíbar	36
Figura 10 Gel de aloe vera	36
Figura 11 Cajas petri rotuladas	38
Figura 12 Cajas Petri con las mezclas en el horno durante 48 horas a 40°C.	45
Figura 13 Biopelículas pectina desmoldadas.	39
Figura 14 Biopelículas AV desmoldadas.	39
Figura 15 Fresas recubiertas y secadas a 40°C	40
Figura 16 Masas de pesos conocidos.	40
Figura 17 Ensayo de peso Pectina.	41
Figura 18 Ensayo de peso AV.	42
Figura 19 Muestras para solubilidad.	43
Figura 20 Muestras de solubilidad en el agitador.	44
Figura 21 Muestras de solubilidad en el horno.	45
Figura 22 Micrometro midiendo una biopelícula.	47
Figura 23 Biopelículas secándose.	48
Figura 24 Fresas recubiertas día 0.	51
Figura 25 Fresas recubiertas día 3.	52
Figura 26 Fresas recubiertas día 6.	53
Figura 27 Fresas recubiertas día 10.	54
Figura 28 Fresas recubiertas día 13.	55

Figura 29 Encuestando.	56
Figura 30 Resultados color.	57
Figura 31 Resultados condición color.	58
Figura 32 Resultados Olor.	58
Figura 33 Resultados textura.	59

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 valores nutricionales de la fresa	18
Tabla 2 Producción de fresa anual en Colombia	21
Tabla 3 Variedades de la fresa.	22
Tabla 4 Reactivos	28
Tabla 5 % de M y G y contenido de alginato para especies de algas pardas	30
Tabla 6 Ficha técnica alginato de sodio	31
Tabla 7 Otras propiedades alginato de sodio	31
Tabla 8 Componentes químicos de la planta aloe vera	34
Tabla 9 Ficha técnica pectina	36
Tabla 10 Ficha técnica glicerol	38
Tabla 11 Diseño de experimentos	39
Tabla 12 Equipos	40
Tabla 13 Proporción de las mezclas poliméricas.	44
Tabla 14 Peso máximo que soporto la biopelícula.	50
Tabla 15 Datos obtenidos en la prueba de solubilidad.	54
Tabla 16 Espesor de las Biopelículas.	56
Tabla 17 Datos obtenidos de la prueba de humedad.	58
Tabla 18 Pérdida de peso.	60

LISTA DE UNIDADES

Temperatura: °C (Grados Celcius)

Segundos: s

Minutos: min

Horas: h

Gramos: g

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Abreviatura	Termino
M	ácido D-manurónico
G	ácido L-gulurónico
AV	Aloe Vera
A	Alginato
P	Pectina

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de grado es demostrar que una biopelícula a base de alginato de sodio permite alargar la vida poscosecha de un fruto tan delicado como lo es la fresa a través del método *casting* para la elaboración de la biopelícula.

Para la elaboración de la biopelícula se combinó alginato de sodio con otros polímeros naturales como pectina y aloe vera. Las películas se formularon variando la relación alginato – aloe vera y alginato – pectina de 80:20 a 50:50, se añadió glicerol como plastificante en concentraciones de 2 y 5% v/v. Las películas formadas se caracterizaron mediante pruebas fisicoquímicas como solubilidad, porcentaje de humedad y el peso soportado por cada membrana.

Como resultado de este trabajo se determinó que estos recubrimientos comestibles otorgan un alargue a la vida de la fresa en la poscosecha ya que normalmente una fresa puede durar hasta 3 días antes de dañarse en la nevera. En este trabajo las fresas tratadas duraron hasta 13 días sin ningún tipo de refrigeración. Los mejores resultados se obtuvieron con la mezcla de alginato – AV en proporción 50:50 con 5% v/v de plastificante ya que esta fue la mezcla en la que las fresas duraron más tiempo de conservación. También se estableció otra fórmula que fue la mezcla alginato – pectina en proporción 80:20 con 5% v/v de plastificante ya que esta poseía las mejores condiciones de resistencia mecánica ya que fue la película que más peso resistió.

Palabras clave:

Biopelícula, Alginato de sodio, Aloe vera, Pectina, Fresa.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo desmedido de productos y envolturas plásticas ha contribuido significativamente en el aumento de los niveles de contaminación ambiental. Esta problemática crea una necesidad de desarrollar nuevos materiales que puedan adaptarse a las nuevas demandas que el ser humano exige. Los alginatos son polisacáridos que se extraen principalmente de las algas. Su uso se ha incrementado dramáticamente debido a su alta biocompatibilidad y baja toxicidad [9]. Las industrias alimentaria y farmacológica han tomado ventaja de dichas propiedades especialmente para el desarrollo de biofilms encapsuladores de principios activos y recubrimientos para frutas y productos cárnicos. Por tal motivo en este trabajo investigativo se elaboraron películas a base de alginato de sodio.

Actualmente, la búsqueda de nuevos materiales que mejoren la calidad de vida de las personas parte de la necesidad de encontrar productos amigables tanto con el ser humano como con el medio ambiente. El estudio de las propiedades tanto físicas como químicas de diversos polímeros naturales como los alginatos ha tenido un incremento muy significativo. Investigaciones anteriores muestran que el alginato se destaca por poseer propiedades de biodegradabilidad y biocompatibilidad. Dichas propiedades lo convierten en el candidato idóneo en la búsqueda y desarrollo de tecnologías que abarcan la fabricación de recubrimientos para alimentos y la encapsulación en films de una gran variedad de sustancias.

La presente investigación se refiere al tema de la elaboración de una biopelícula que sea amigable con el medio ambiente y no sea tóxica para el consumo humano ya que el objetivo es que el usuario pueda consumir la fresa con el recubrimiento sin correr ningún riesgo para la salud, en este proyecto se usará como materias primas el alginato de sodio, la pectina y el Aloe Vera las cuales todas son naturales. Para la fabricación de estas biopelículas se hicieron diferentes mezclas caracterizando cada una de ellas con diferentes pruebas. Finalmente fueron aplicadas a frutos de fresa para que su duración sea mayor en la poscosecha.

Finalmente, en este proyecto se combatirán dos problemáticas por un lado la reducción de la fabricación de los plásticos de un solo uso esto con la implementación de las biopelículas en diferentes campos como lo son la industria farmacéutica y alimenticia. Por otro lado, se combate la problemática que tienen los agricultores de fresa en la poscosecha ya que muchas veces las fresas no aguantan los largos viajes que se deben hacer además de esto se necesita

implementar demasiadas estrategias para que la fresa perdure como el uso de conservantes o congelar los frutos a pesar de que esto reduce su calidad.

OBJETIVOS

Objetivo General

Fabricar una película comestible para el incremento de vida útil de las fresas.

Objetivos Específicos

1. Definir las variables necesarias para el desarrollo de una película comestible.
2. Formular una película comestible para el recubrimiento de fresas a partir de alginato de sodio.
3. Caracterizar la biopelícula obtenida en términos de propiedades organolépticas, resistencia mecánica e incremento de vida útil de las fresas.

METODOLOGÍA

En la fabricación de las biopelículas se usó como materia prima el alginato de sodio, la pectina y el AV con las cuales se realizaron múltiples mezclas cada una con una composición diferente estas basándose en diferentes trabajos descritos durante el desarrollo de la investigación. Para la elaboración de las películas se usó el método casting para su posterior caracterización así mismo se elaboraron recubrimientos comestibles para fresas los cuales se aplicaron por medio de inmersión, por cada mezcla que se hizo se recubrieron 3 fresas para obtener un margen de error así mismo a medida de iba transcurriendo el tiempo se les tomaron datos de pérdida de peso a cada fresa fotos del proceso y desecho de las fresas que ya poseían hongos esto durante 13 días que fue el tiempo máximo que una fresa no tuvo hongos.

1. GENERALIDADES

1.1. Las fresas

Las fresas son frutas altamente perecederas, susceptibles a daño mecánico, deterioro y desórdenes fisiológicos durante su almacenamiento, esto resulta en una corta vida poscosecha [1]. Este es un fruto importante en la alimentación ya que posee vitaminas C y K, azúcares, carbohidratos, minerales y tiene una capacidad antioxidante, además de esto posee un efecto laxante debido a su fibra, pigmentos, ácidos y enzimas [2]. En la tabla 1 se puede ver la cantidad en 100g de estos y otros componentes.

En la poscosecha la humedad para su conservación debe ser de entre 90 a 95% otro índice es el de la maduración y este está basado en el color ya que la fresa debe tener de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ del área superficial de un color rosa, Por otro lado, el almacenamiento es difícil por más de 5 o 7 días aun estando refrigeradas deben estar a unos 0 ° para así mismo tratar de evitar los patógenos [3].

Colombia en el 2016 tuvo una pérdida poscosecha en frutas y verduras de 1.165.219 toneladas, correspondiente al 60% de las pérdidas totales de alimentos en el país [4].

Tabla 1

Valores nutricionales de la fresa

Componente	Contenido en 100g	Componente	Contenido en 100g
Kilocalorías	32	Magnesio	10 mg
Proteínas	0,7 mg	Vitamina A	5 µcg
Grasas	0,5 mg	Vitamina C	60 mg
Carbohidratos	6,9 %	Vitamina E	0,23 mg
Fibra	1,4 g	Fosforo	27 mg
Agua	89.9 %	Fenoles Totales	58 – 210 mg
Potasio	190 mg	Antocianatos totales	55– 145 mg

Nota. Se presenta la composición y nutrientes que poseen 100g de fresa. Tomado de: Fresa, «Eurosemillas,» lo que pide la tierra, [En línea]. Available: <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa>. [Último acceso: 28 septiembre 2022].

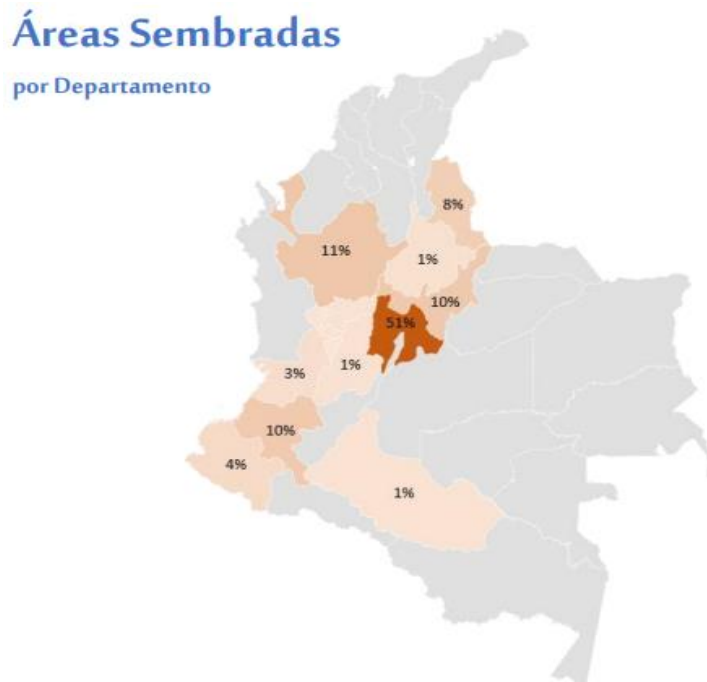
1.1.1. Disponibilidad en Colombia

En el mundo hay una producción de fresa de alrededor de 4,8 toneladas siendo los productores principales China, Estados Unidos y Turquía [2]. La temperatura más fructífera para un cultivo de fresa es entre 12 y 18°C por encima de 25°C la producción se reduce drásticamente y por debajo de los 10°C no es nada fructífera aparte de esto es propensa a daños por heladas [4].

En Colombia se cultiva la fresa en 13 de los 32 departamentos del país, los principales productores son Cundinamarca con el 73%, Antioquia 12%, Norte de Santander 6% ya que por su clima se puede sembrar fresa todo el año. Como se muestra en la figura 1 el departamento que posee mayor área sembrada es Cundinamarca especialmente en Sibaté, Subachoque, Chocontá, Funza, Mosquera y Cajicá se tiene el 51% de las áreas sembradas en el país, seguido de Boyacá y Cauca cada uno con 10% y Norte de Santander con 8% [2] [4].

Figura 1

Distribución de áreas sembradas de fresa en Colombia



Nota. Mapa de Colombia con los principales municipios cultivadores de fresa. Tomado de: Minagricultura, «Cadena de la Fresa,» marzo 2021. [En línea]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>. [Último acceso: 2022].

En la tabla 2 se puede observar y comparar la producción en toneladas de fresa anuales en diferentes departamentos de Colombia, los datos consignados son desde el año 2015 hasta el año 2020, así mismo se observa el porcentaje que aporta cada departamento en esta producción.

Tabla 2*Producción de fresa anual en Colombia*

DPTO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	%
Cundinamarca	38,573	41,426	54,124	58,244	59,864	63,150	73.0%
Antioquia	9,304	11,179	14,396	18,729	10,425	10,644	12.3%
N. Santander	3,542	3,713	4,422	4,237	5,092	5,106	5.9%
Boyacá	926	1,414	1,831	2,299	3,228	3,407	3.9%
Cauca	2,398	2,330	3,624	1,660	2,681	2,681	3.1%
Caldas	297	178	560	540	686	743	0.9%
Nariño	233	252	337	291	401	328	0.4%
Caquetá	80	159	110	140	145	157	0.2%
Valle del cauca	332	763	606	85	103	109	0.1%
Santander	0	28	103	178	103	112	0.1%
Risaralda	3	23	8	47	49	53	0.1%
Tolima	2	0	165	20	33	36	0.0%
Quindío	30	3	8	8	8	8	0.0%
Toneladas anuales	55,720	61,468	80,294	86,478	82,818	86,534	100%

Nota. Toneladas de fresa cultivada en Colombia por municipio. Tomado de: Minagricultura, «Cadena de la Fresa,» marzo 2021. [En línea]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>. [Último acceso: 2022].

1.1.2. Tipos de fresas

En Colombia las principales variedades que se siembran son Camarosa, Albión, Camino Real, Monterrey, San Andreas, Portola, Ventana, Palomar [2]. A continuación, en la tabla 3 se hace una breve descripción de cada una de estas variedades para poder tener una elección crítica del fruto de la fresa con más o menos capacidades.

Tabla 3*Variedades de la fresa*

Tipo	Cultivo	Cosecha	Enfermedades	Generalidades	Rf
Camarosa	60% de la producción mundial.	Altamente productiva (inicios de octubre hasta diciembre). Alta calidad de fruto.	Es sensible a Antracnosis y resistente araña, Sphaerotheca y mancha común de las hojas.	Increíble adaptación climatológica.	[5]
Albión	En Colombia actualmente es la variedad de mayor crecimiento en área sembrada.	Excepcional calidad de fruta.	es resistente a algunas plagas como Antracnosis, Verticillium, Phytophthora y araña roja	Es muy fácil su recolección. Aguanta más la pos-cosecha	[5]
Camino real	Es una planta pequeña y erecta, la cual permite un cultivo de grandes densidades.	Da una producción de fruta superior a Camarosa.	Es resistente a Phytophthora, Verticillium, Anthracnosis, araña, Xanthomonas y a las manchas comunes de la hoja.	Alta resistencia a daños por lluvias y sin problemas de polinización, es decir que el porcentaje de deformación es muy bajo.	[6]
Monterrey	Es más vigorosa que Albión.	Es muy similar a la variedad San Andreas en tanto a producción.		Posee un sabor muy dulce.	[6]
San Andreas	Produce muchos menos estolones que Albión	Es una plantación con muchas especificaciones de cuidado	Sensible a la carencia de Boro. Muy resistente a Phytophthora y Antracnosis	Posee menos incidencias de botritis y oídio.	[5]

Tipo	Cultivo	Cosecha	Enfermedades	Generalidades	Rf
Portola	Es una de las variedades más productivas.	sus frutos son similares en tamaño a Albión.	Es altamente resistente a enfermedades.	Se adapta a plantaciones en climas cálidos	[5]
Ventana	Es una planta vigorosa.	Inicia su producción al mismo tiempo que Camarosa pero con mayor producción total y mejor calidad de fruta.	Resistente a enfermedades como Phytothtora, Verticillium, Oidio, araña, Sphaerotheca y mancha común de las hojas.	Buena polinización, decir, su porcentaje de deformación es bajo.	[6]
Palomar	Al ser pequeña se pueden dar una plantación mayor por hectárea.	Da plantaciones muy tempranas.	Es susceptible a Phitophtora.	Variedad con más calidad organoléptica.	[5]
Sabrina	Es muy productiva y precoz.	Buena presencia y sabor, cualidades de las que no tienen todas las variedades precoces.	enfermedades como, Sphaerotheca y mancha común de las hojas.	Fruto de gran tamaño.	[6]

Nota. Especificaciones de las especies de fresa más cultivadas en Colombia

1.1.3. Enfermedades en el fruto de la fresa

Las podredumbres más importantes son producidas por *Botrytis cinerea* y por el hongo *Rhizopus stolonifer* [7].

1.1.3.a *Botrytis cinérea*. Esta es la más importante ya que se recubren de un micelio algodonoso y los tejidos se ablandan, este hongo continúa creciendo sobre los 0 °C aunque muy lento [7].

1.1.3.b *Rhizopus stolonifera*. Sus esporas normalmente se hallan circulando en el aire y son de fácil propagación, en este caso los tejidos pierden jugos que gotean de los envases, no suele crecer a temperaturas por debajo de los 5 °C [7].

1.2. Los recubrimientos comestibles

Estos recubrimientos comestibles son revestimientos de un producto vegetal con una o varias capas finas de material natural y comestible elaborados con biopolímeros naturales de alto peso molecular, esto quiere decir que pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos de los subproductos de la agroindustria [8].

En estos insumos lo que se prioriza es la búsqueda de alternativas más naturales, así mismo se reduce el uso de estos [9]. Al elaborar polímeros biodegradables permite reemplazar a los polímeros sintéticos gracias a sus propiedades únicas [10].

La diferencia entre una película y un recubrimiento comestible es la forma de elaborarse y la aplicación que tiene en los alimentos; una película es una capa delgada de material comestible formada por separado y que es colocada sobre una superficie nivelada para su posterior uso [11]. Un recubrimiento se aplica sobre la superficie de un alimento, ya sea por inmersión en una disolución o por aspersión [12].

1.2.1. Propósitos

- Minimizar el uso de envases y desarrollar nuevos materiales más respetuosos con el medio ambiente, y que den solución a la gran problemática que se genera tras su utilización [9].
- Evitar la pérdida o ganancia de humedad que provoca una modificación en su textura y turgencia [13].
- Mantener la calidad de los productos recubiertos, retrasando las causas de alteración [9].

- Actuar como barrera contra el intercambio de gases que influye en la estabilidad química y microbiológica, además de evitar el daño mecánico por manipulación [13].

1.2.2. ¿Qué son?

Estos son una fina capa que recubre los alimentos, también sirve como barrera para inhibir la migración de humedad, aroma y gas generalmente usando hidrocoloides y puede ser consumida como parte del mismo alimento [9] [10].

La tecnología de los recubrimientos comestibles surge como una alternativa prometedora para la mejora de la calidad y conservación de alimentos durante su procesado y/o almacenamiento. Las materias primas empleadas en su formulación son de origen natural (gomas, proteínas animales o vegetales, lípidos) y son perfectamente biodegradables y por tanto seguros para el entorno [9].

Han sido denominadas "películas inteligentes", ya que se ha observado un progreso considerable en su elaboración, como la presencia de sensores coloridos capaces de detectar cambios químicos y la presencia de microorganismos en los alimentos, mostrando si son o no, óptimos para el consumo [13].

1.2.3. Métodos de fabricación

Las películas y recubrimientos están elaborados con materiales como carbohidratos, proteínas o lípidos, con características físicas y mecánicas similares a los envases no degradables, pero con la ventaja de funcionar como barreras bioactivas, ya que, mediante la adición de extractos, pueden presentar actividad antimicrobiana, protección contra la luz UV y visible, servir como acarreadores de antioxidantes y/o colorantes, mejorando con estas características visuales del producto [13].

Las técnicas más comúnmente usadas para elaborar películas y recubrimientos comestibles son:

1.2.3.a Por Eliminación del Disolvente. En este proceso se forma y se estabiliza una estructura molecular por interacciones físicas y químicas. La disolución formadora del hidrocoloide comestible se incorpora en un disolvente (agua, etanol, ácido acético) que contiene a los aditivos como, plastificantes, agentes de reticulación o solutos; paso seguido se elimina el disolvente, con lo que se forma una capa delgada que se seca y que finalmente se puede desprender [14].

1.2.3.b Por Gelación Térmica. La aplicación de un tratamiento térmico en este proceso permite la formación de un gel estable de estructura rígida. Ésta es utilizada generalmente para películas y recubrimientos elaborados a base de proteínas, descrita como un proceso en el que la desnaturalización térmica desestabiliza las moléculas de proteínas, las cuales dan lugar a la formación de un entramado estable entre partículas [15].

1.2.3.c Por Solidificación. En este método las macromoléculas junto con el plastificante, son disueltas hasta su homogeneización y son vertidas en capas finas sobre moldes [16].

1.2.3.d Por el método de “Casting”. Una vez realizada la disolución de los componentes de la película, se realiza la evaporación del disolvente a temperatura y humedad controladas, provocando la formación de la película [17].

1.2.3.e Por “electrospraying” (Pulverización electrohidrodinámica). Es un método de atomización del líquido formador de la película por medio de fuerzas eléctricas, en donde el líquido sale por una boquilla con un alto potencial eléctrico. La ventaja de este método es que las gotas que se obtienen son tan pequeñas que el tamaño de su partícula llega a medir incluso nanómetros, y la carga y el tamaño pueden controlarse en cierta medida por medios eléctricos [18].

1.2.3.f Por Microfluidización. Proceso en que las dispersiones se hacen pasar a través de microcanales, lo que permite la obtención de nanopartículas que otorgan a la película mejores características físicas, y posteriormente se aplica el método de casting para la formación de la película [19].

1.2.4. Aplicación

El campo de aplicación de estos compuestos naturales se extiende tanto a vegetales como a productos cárnicos o pescados ya que funcionan como un microsistema que ayuda a modificar las atmósferas del interior de los productos esto ayuda a reducir significativamente la pérdida de peso, agua y el intercambio de gases, así como retrasar el envejecimiento y mejorar la calidad sensorial de los productos alimenticios [9] [13]. También tienen uso como matrices de encapsulamiento transporte y administración de fármacos y principios activos [10].

1.3. Variables para la fabricación de una película comestible

Para el diseño y posterior fabricación del recubrimiento comestible de deben tener en cuenta algunas variables esenciales las cuales serán descritas a continuación.

1.3.1. Variables

En la industria se debe de tener control con algunas variables durante el proceso esto es vital para asegurar uniformidad en la calidad de los productos terminados.

1.3.1.a Temperatura. Esta es una de las variables más usadas en la industria ya que su adecuado control puede evitar incendios y/o explosiones; para este proceso se tendrá control de temperatura en la elaboración de las soluciones de las mezclas, el secado de las biopelículas y de los recubrimientos y en algunas de las pruebas de caracterización.

1.3.1.b Masa y Volumen. Es la cantidad una sustancia que se agrega en algún momento del proceso; en la investigación se medirá para la cantidad de materias primas que serán usadas para la preparación de cada una de las mezclas, también se mide en la cantidad que se vierte en los moldes para hacer las biopelículas y en la cantidad de mezcla que se le aplica a cada una de las fresas.

1.3.1.c Composición. Una mezcla se compone por dos o más sustancias en composición variable que puede ser homogénea o heterogénea, en la investigación esto se mantiene en control al hacer las mezclas para cada uno de los tratamientos y biopelículas que serán usados a lo largo del proyecto.

1.3.1.d Concentración. Es la cantidad que se encuentran las sustancias que se disuelven (Solute) en relación a la o las sustancias que lo disuelven (Solvente), en la investigación esto se medirá al comienzo cuando se disuelve el alginato de calcio, el glicerol y la pectina.

1.3.2. Insumos

En la tabla 4 se presentan los insumos que se usaran para la fabricación de las películas comestibles, así como la marca que se usó para que haya una completa confianza de todos los reactivos usados en este trabajo.

Tabla 4*Reactivos*

Reactivo	Marca
Agua destilada	Jasser Quimicos
Alginato de sodio	Natulifestyle
Aloe Vera	--
Glicerol	CIACOMEQ S.A.S
Pectina cítrica	CIACOMEQ S.A.S

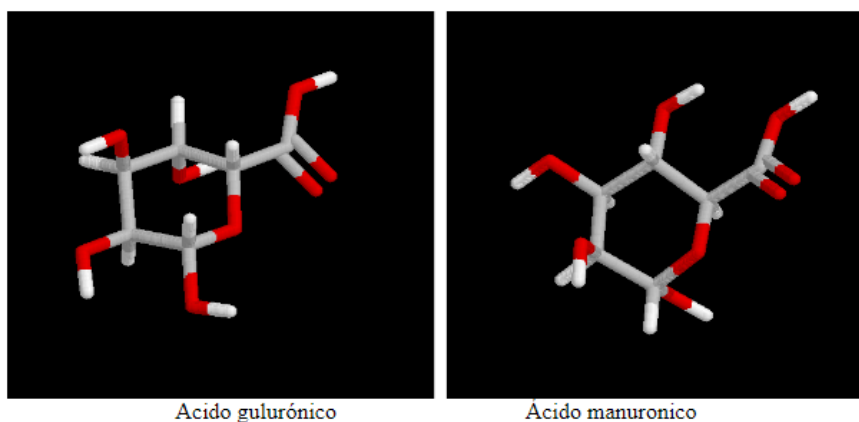
Nota. Reactivos que serán usados para el desarrollo de la biopelícula.

1.3.2.a Alginato de sodio. Los alginatos son de los hidrocoloides más versátiles que se usa tanto en la industria alimenticia como aditivo y espesante, hasta la industria farmacológica como vía de administración de fármacos [10].

Son polisacáridos abundantes en la naturaleza constituidos principalmente por algas pardas (*Phaeophyceae*), las principales especies de algas que producen alginatos son *Macrocystis* y *pyrifera* [20]. También pueden ser sintetizados por bacterias, *Pseudomonas aeruginosa* y *Azobacter vinelandi* [21]. Las moléculas de alginato proporcionan flexibilidad y resistencia a las plantas [10]. Estos están formados por dos tipos de monosacáridos mostrados en la figura 2, los dos con un grupo ácido, el ácido gulurónico y el ácido manurónico, copolímeros no ramificados de ácido D-manurónico (M) y ácido L-gulurónico (G) [22].

Figura 2

Ácido Gulurónico y Manurónico



Nota. Estructura molecular de los ácidos presentes en el alginato de sodio. Tomado de: M. Calvo, «Bioquímica De Los Alimentos,» Alginato, 2014. [En línea]. Available: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/alginato.html>. [Último acceso: 2022].

Las algas sintetizan el alginato inicialmente como un polímero de (M) que posteriormente modifican transformando unidades de manurónico en gulurónico mediante una epimerización enzimática [22].

Cuando dos cadenas de bloques G se alinean resulta un hueco en forma de diamante, el cual tiene la dimensión ideal para acomodar en su interior un ion de calcio, esto fue propuesto por Grant en 1953 [23].

En la tabla 5 se puede observar que la cantidad de alginato difiere dependiendo de la especie de alga que se vaya a usar ya que varía en el contenido de (M) y (G).

El alginato de sodio tiene como fórmula química $(C_6H_7O_6Na)_n$ y como estructura química la figura 3.

Tabla 5

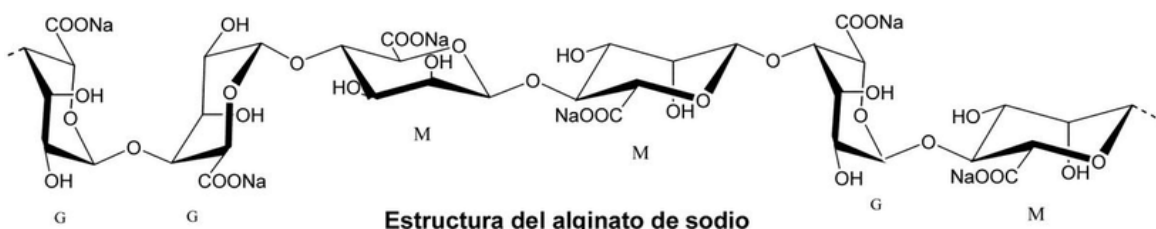
% de M y G y contenido de alginato para especies de algas pardas

Especie	%M	%G	M:G	Alginato (% en algas secas)
<i>Laminaria hyperborea</i>	30	70	0.45	25 – 27
<i>Laminaria digitata</i>	55	45	1.20	20 – 26
<i>Macrocystis pyrifera</i>	60	40	1.50	26
<i>Ascophyllum nodosum</i>	65	35	1.85	26 – 28
<i>Lessonia nigrescens</i>	60	40	1.50	35
<i>Ecklonia máxima</i>	55	45	1.20	40

Nota. Dependiendo de la especie de alga parda varía la cantidad de ácido M y ácido G. M. Tomado de: S. D. Lasta, «Monografías,» [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos12/alginato/alginato2#estructura>. [Último acceso: 2022].

Figura 3

Estructura alginato de sodio




Nota. Estructura química alginato de sodio. M. Calvo, «Bioquímica De Los Alimentos,» Alginato, 2014. [En línea]. Available: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucres/alginato.html>. [Último acceso: 2022].

En la tabla 6 se presenta un resumen con diferentes temas que se deben de tener en cuenta al hacer uso de alginato de sodio en forma de sal sódica, potásica o magnésica.

Así mismo en la tabla 7 se muestran diferentes variables que se deben de tener presentes ya que esta sustancia se va a calentar y mezclar con otras sustancias.

Tabla 6

Ficha técnica alginato de sodio

COMPONENTE	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS		IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	MANIPULACIÓN	TOXICOLOGÍA
(C ₆ H ₇ O ₆ Na) _n [24]	Apariencia	Polvo [25]	 <p>Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia [24]</p>	Temperatura recomendada de almacenamiento: 15 – 25 °C [24]	Usar antes de 24 meses desde la fecha de fabricación [25]
	Color	Blanco - Crema [25]		Almacenarse en un lugar alejado de fuentes directas de luz y calor [25]	
	Olor	Inodoro [25]			Disolver en frío en agua o zumo [25]
	Punto de Ebullición	no determinado [24]		No funciona en bases acidas ni alcohólicas [25]	
	Punto de Fusión	>300 °C [24]			No se clasificará como toxicidad aguda [24]
	pH	6,0 - 8,0 [25]			
	Densidad (g/cm ³)	no determinado [24]			
	Solubilidad en agua	< 2% [25]			
Humedad	< 15% [25]				

Nota. Ficha técnica esencial para la manipulación de cualquier compuesto.

Tabla 7

Otras propiedades alginato de sodio

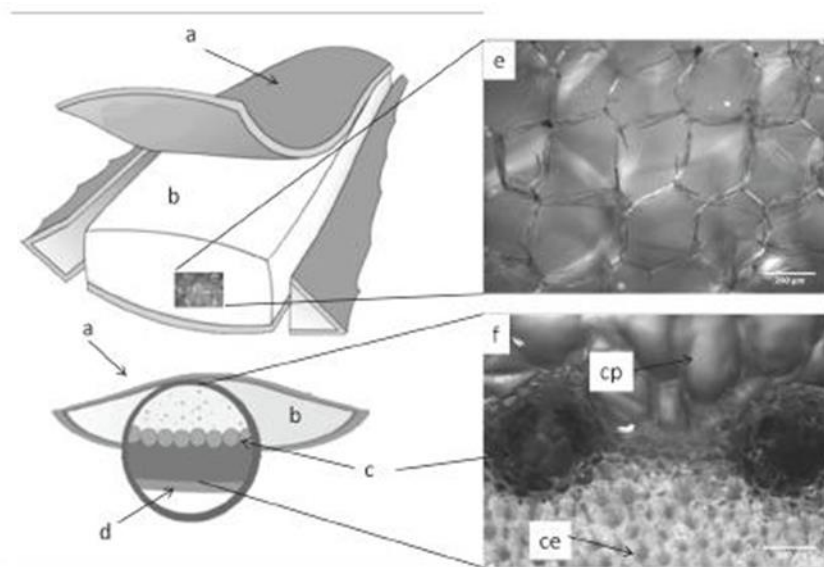
Solubilidad	Es soluble en soluciones acuosas a pH por encima de 3,5. Mezclas de agua y solventes orgánicos miscibles como el alcohol. Insoluble en leche, por la presencia de calcio.
Viscosidad en las soluciones	Depende de la concentración, elevándose mucho a partir del 2%. Disminuye al aumentar la temperatura y/o la velocidad del movimiento.
Comportamiento	No Newtoniano

Nota. Algunas propiedades que también se necesitan tener presente para la fabricación de las biopelículas. Tomado de: M. Calvo, «Bioquímica De Los Alimentos,» Alginato, 2014. [En línea]. Available: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/alginato.html>. [Último acceso: 2022].

1.3.2.b Aloe Vera (AV). A sus hojas se le atribuyen diferentes propiedades biológicas, incluyendo antivirales, antibacterianas, laxantes, protección contra la radiación, antiinflamatorios y de inmunoestimulación [26]. Químicamente se caracteriza por la presencia de constituyentes fenólicos como la aloesina, antraquinonas, la barbaloína, la isobarbaloína y la aloemodina, así como la presencia de polisacáridos, glicoproteínas y aminoácidos en el gel incoloro e insípido [27]. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta, el parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel representa del 65 al 80 % del peso total de la planta y posee aproximadamente, 99,5% agua y 0,5% de material sólido, que incluye polisacáridos, vitaminas, minerales y compuestos fenólico [1] [28].

Figura 4

Estructura y microestructura de la hoja de aloe vera



Nota. Se puede observar una hoja de sábila con su estructura macro y micro. Tomado de: I. A.-V. J. J. C.-P. J. S. W.-C. J. S. A.-G. G. C.-D. V. G.-F. G. F. G.-L. R.N, Domínguez-Fernández, «El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria,» Revista mexicana de ingeniería química, vol. 11, nº 1, abril 2012.

En la figura 4 se puede observar micro y macroscópicamente un tallo de sábila de donde se va a extraer la pulpa de aloe vera, como también se describen las partes de los mismos.

- a. Pulpa o tejido parenquimático.
- b. Conductos de aloína.
- c. Cutícula.
- d. Imagen de microscopía a una magnificación de 5x de las células del parénquima.
- e. Imagen de microscopía del corte seccional de la hoja.
- f. Células internas del exocarpio. (Ce) Células del parénquima. (Cp) Conductos de aloína.

Con respecto a la composición química es bastante compleja ya que como se puede observar en la tabla 8 está constituida por una mezcla de varios compuestos y alrededor de 20 de estas sustancias poseen actividades benéficas para la salud.

Tabla 8*Componentes químicos de la planta aloe vera*

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaliona, ácido crisfánico, emodina, aloemodin, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloina, antraceno, resistanol.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, vitamina B6, betacarotenos.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, magnesio, fósforo, cromo.
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
Enzimas	Amilasa, ciclooxidasas, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinasas, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
Lípidos y compuestos orgánicos	Esteroides (campesterol, colesterol, β -sitosterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina triterpenos.
Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, treonina, valina.

Nota. Se presenta la composición del gel de aloe vera y sus respectivos componentes. Tomado de: I. A.-V. J. J. C.-P. J. S. W.-C. J. S. A.-G. G. C.-D. V. G.-F. G. F. G.-L. R.N.

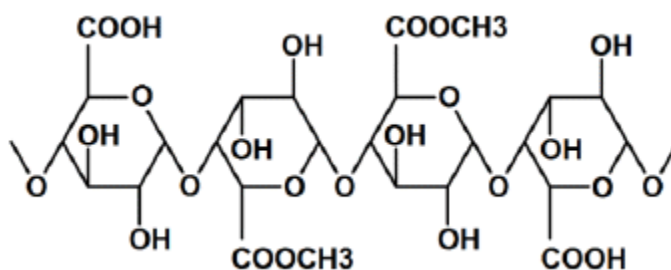
Domínguez-Fernández, «El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria,» Revista mexicana de ingeniería química, vol. 11, nº 1, abril 2012.

1.3.2.c Pectina. Son heteropolisacáridos presentes principalmente en algunos de los subproductos de la industria alimentaria y están presentes en muchas frutas en cantidades y calidades variables [10]. Contiene al menos 65 % de unidades de ácido galacturónico, su fórmula química es $C_6H_{10}O_7$ y su estructura química se puede observar en la figura 5 [29].

Están formadas fundamentalmente por largas cadenas formadas por anillos de ácido galacturónico cuyo número varía, desde algunos centenares, hasta alrededor de 1000, con masas moleculares de aproximadamente 50.000 a 150.000 daltons [30].

Figura 5

Estructura molecular básica de la pectina



Nota. Se muestra la estructura básica molecular de la pectina. Tomado de: J. A. E. Guadarrama, «Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano y adicionadas con partículas de almidón,» Universidad Autónoma Del Estado De, 2020.

Las pectinas se clasifican según su grado de esterificación, GE, expresado en porcentaje, ya que sus propiedades gelificantes están principalmente determinadas por el mismo [32]. Así mismo se puede clasificar según su grado de metoxilación que es la relación entre los grupos metoxilados y aquellos ácidos libres presentes en la cadena molecular de la pectina estos se dividen en:

- **Pectina de alto metoxilo (HM):** producida según un proceso de extracción normal, contiene más del 50% de los grupos metoxílicos [33]
- **Pectina de bajo metoxilo convencional (LMC):** debido a variaciones en el proceso productivo o bien un tratamiento ácido prolongado llevan a la formación de esta que contiene menos del 50% de los grupos metoxílicos [33].

En la tabla 9 se presenta un resumen con diferentes temas que se deben de tener en cuenta al hacer uso de la pectina.

Tabla 9*Ficha técnica pectina*

COMPONENTE	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS		MANIPULACIÓN	TOXICOLOGÍA
$C_6H_{10}O_7$	Apariencia	Polvo	Temperatura recomendada de almacenamiento: 5 – 20°C.	Usar antes de 24 meses desde la fecha de fabricación.
	Color	Blanco		
	Olor	Neutro		
	Punto de Ebullición	no determinado	Almacenarse en un lugar alejado de fuentes directas de luz y calor.	No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.
	Punto de Fusión	No determinado		
	pH	3.0-4.0		
	Densidad (g/cm ³)	no determinado	Disolver en agua caliente.	No se clasificará como toxicidad aguda.
	Solubilidad en agua	< 2%		
Humedad	< 12%			

Nota. Ficha técnica de la pectina, esencial para la manipulación del compuesto. Tomado de: C. Roth, «Pectina,» [En línea].

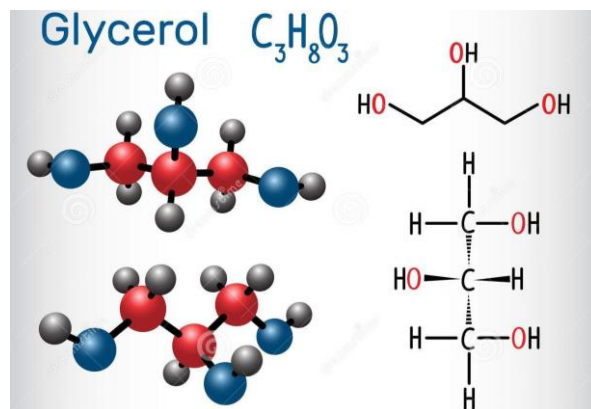
Available: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-0798-ES->

ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNjA3MzF8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMmYvaGI0LzkwMjcyMzA4NTkyOTQucGRmfDkwNGQ3MGM0ZDdlMDJjN2Y0OWJINTI4M2MyNGJmMGQ4ZGY4NTMyNjFiYjE2NjA1NmVhMThm.

1.3.2.d Glicerol. El glicerol o también llamado propano-1,2,3-triol o glicerina su fórmula química es $C_3H_8O_3$ y su estructura química se puede ver en la figura 6 es un alcohol con tres grupos hidroxilos ($-OH$). Se presenta en forma de líquido a una temperatura ambiente de 25 °C y es higroscópico e incoloro [35].

Figura 6

Estructura glicerol



Nota. Estructura básica de la molécula del glicerol. Tomado de: Liliya623, «Dreamstime,» Molécula de la glicerina del glicerol fórmula química Y M estructurales ilustración del vector, 19 enero 2018. [En línea]. Available: <https://es.dreamstime.com/molécula-de-la-glicerina-del-glicerol-fórmula-química-y-m-estructurales-image107990160>. [Último acceso: 2022].

Este tiene un efecto plastificante el cual es el principal componente que afecta a las propiedades de barrera y mecánicas de las biopelículas porque interfiere en las uniones entre las cadenas del polímero reduciendo así su cohesión así mismo aumentan la movilidad entre las cadenas de polímero y, por tanto, la flexibilidad y elasticidad del mismo, aumentan el volumen libre, aumentando la permeabilidad y disminuyendo la temperatura de transición vítrea [31].

En la tabla 10 se presenta un resumen de la ficha técnica del glicerol.

Tabla 10

Ficha técnica glicerol

COMPONENTE	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS		MANIPULACIÓN	TOXICOLOGÍA
$C_3H_8O_3$	Apariencia	Líquido	Temperatura recomendada de almacenamiento: 15 – 25°C.	Lesiones oculares graves o irritación ocular
	Color	Incoloro		
	Olor	Característico		
	Punto de Ebullición	194°C	Mantener el recipiente herméticamente cerrado.	Toxicidad para la reproducción
	Punto de Fusión	<-50		
	pH	No determinado		
	Densidad (g/cm ³)	1,219 g/cm ³	Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.	No se clasificará como toxicidad aguda.
	Solubilidad en agua	Miscible		
Viscosidad	11,7 mm ² /s			

Nota. Ficha técnica esencial para la manipulación del glicerol. Tomado de: C. Roth, «Glicerol,» [En línea]. Available: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-0798-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMmYvaGI0LzXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMmYvaGI0LzkwMjcyMzA4NTkyOTQucGRmfDkwNGQ3MGM0ZDdlMDJjN2Y0OWJINTI4M2MyNGJmMGQ4ZGY4NTMyNjFiYjE2NjA1NmVhMThm>.

1.4. Diseño de experimentos

El tipo de investigación al que pertenece este trabajo es el experimental ya que se elaboraran ensayos en un laboratorio de investigación. Lo que se busca con esta investigación es innovar, mediante la búsqueda y desarrollo de un nuevo material polimérico que sea amigable tanto con el ser humano como con el medio ambiente y darle una función aplicada.

Un diseño factorial 2^k describe los experimentos más adecuados para conocer simultáneamente qué efecto tienen k factores sobre una respuesta y descubrir si interaccionan entre ellos. Además, debido a que se manipularan dos o más variables independientes con dos o más niveles en cada una de ellas los experimentos se complementan de tal modo que la información buscada se obtiene combinando las respuestas de todos ellos. Esto permite obtener resultados con el mínimo número de experimentos, por tanto, con el menor costo y con la menor incertidumbre [38].

En esta investigación se utilizó un diseño factorial de experimentos 2^3 , debido a que se tienen tres factores con dos niveles cada uno, lo cual dio un total de 8 tratamientos que son las posibles combinaciones de la relación de concentración para la elaboración de las biopelículas. Como primer factor la mezcla formadora de las membranas poliméricas, el segundo factor es la relación de la mezcla y finalmente, el tercer factor es la concentración de plastificante expresado en unidades de % V/V esto se puede ver más detallado y desglosado en la tabla 11.

Tabla 11

Diseño de experimentos

Factores	Niveles
Mezcla formadora	Alginato/pectina Alginato/AV
Relación de la mezcla Alginato/pectina Alginato/AV	80:20 50:50
Concentración plastificante	2% v/v 0,5% v/v

Nota. Explicación de cada uno de los niveles con sus factores.

2. PREPARACIÓN Y FABRICACIÓN

Para fabricación de la biopelícula se debe tener en cuenta tanto los reactivos y materias primas como los equipos, materiales y utensilios que se van a usar, así mismo explicar y definir cómo se va a hacer uso de cada uno de estos, también se explicara la forma que se desarrollara cada una de las caracterizaciones que se hicieron a las biopelículas y a los frutos tratados con sus respectivos resultados.

2.1. Equipos y materiales

Para definir los materiales y equipos que se muestran en la tabla 12 se limitó a lo que estuviera disponible en los laboratorios de Fundación universidad de América en la sede de los cerros y en lo que fuera fácilmente adquirir en tiendas o en los hogares.

Tabla 12

Equipos

Equipos	Marca	Modelo
Balanza digital	Trúmax	YS222447
Mezclador	Hamilton Beach	HAM-HMD200
Horno	WTCbinder	1505330000202
Plancha de calentamiento	E&O soxhlet	

Nota. Se presentan los equipos que se usaran para la fabricación de la biopelícula.

Materiales:

- Cuchillo
- Cajas mono Petri de vidrio
- Agitador
- Beakers 100mL, 250mL, 400mL
- Probeta
- Espátula
- Frascos

2.2. Frutos de fresa

Se recolectaron fresas de las variedades albion y sabrina, las cuales se adquirieron de un cultivo ubicado en Sibaté donde se seleccionaron considerando uniformidad en tamaño, forma y color, al

menos, 80% de la superficie del fruto presentó una coloración rojiza, sin aparentes daños mecánicos o signos de enfermedad, en la figura 7 se pueden ver los cultivos de los cuales se recolectaron las fresas, al lado izquierdo se ve la forma de la planta de la variedad albion y al lado derecho se ve la variedad Sabrina, así mismo en la figura 8 se ven algunas de las fresas recolectadas.

Figura 7

Fotos de cultivos albión (izquierda) y Sabrina (derecha)



Nota. En las fotos se puede apreciar la diferencia que existe entre cada una de las especies.

Figura 8

Frutos recolectados



Nota. Foto de los frutos a los que se les va a aplicar el tratamiento.

2.3.Método de extracción del gel:

Se seleccionaron hojas de sábila sanas y sin daños físicos para la extracción del gel, a las cuales se les realizó un fileteado manual, el cual consiste en cortar alrededor de 2,5cm de la base para dejar escurrir el acíbar de color amarillo como se muestra en la figura 9, que puede provocar un sabor amargo, del mismo modo se cortó el extremo superior y los laterales para posteriormente extraer la pulpa que se puede ver en la figura 10, para finalmente lavarlo para retirar cualquier residuo de acíbar [26]. Posteriormente se homogenizó en un mezclador con el fin de retirar fibras y material vegetal que pudieran estar presente, se centrifugó el material a 4000rpm, durante 10min [1].

Figura 9

Sábila



Nota. Se debe escurrir la mayor cantidad de alcibar de la sábila que es el líquido amarillento.

Figura 10

Gel



Nota. Se puede ver el gel de aloe vera aun con cascara listo para ser homogenizado.

2.4.Elaboración de la película

Se elaboró a través del método casting el cual es un proceso mediante el cual un líquido es vertido en un molde y dejado para su reacción, curado o endurecido para formar un objeto rígido que reproduce la cavidad o forma del molde.

En el presente proyecto se estudiarán las concentraciones para la preparación de las películas mostradas en la tabla 13 en la cual las concentraciones de pectina son resultado de ensayos preliminares y fueron las que obtuvieron mejores resultados [10], por otro lado [1] y [26] se obtuvieron las concentraciones del AV .

Tabla 13

Proporción de las mezclas poliméricas.

Tipo de mezcla	Alginato/AV				Alginato/Pectina			
% v/v plastificante	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2
Relación de la mezcla	50:50	50:50	80:20	80:20	50:50	50:50	80:20	80:20

Nota. Se especifica cada una de las mezclas que se van a ejecutar durante el proceso.

Tratamiento 0: sin recubrimiento

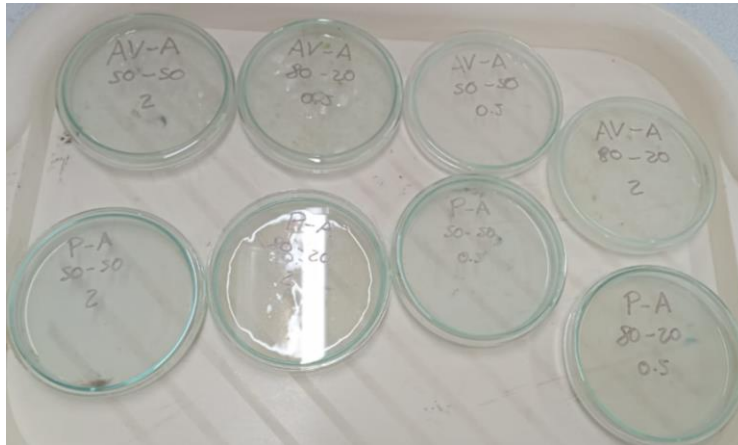
Se inició preparando una solución de alginato a una concentración del 2% p/v en agua destilada caliente con agitación manual constante a una temperatura ambiente hasta alcanzar una disolución completa del alginato de sodio posteriormente se agitó en un agitador mecánico a 800 rpm para que la solución quedará completamente homogénea sin ningún tipo de grumo ni inconsistencia. De igual manera se prepararon soluciones de pectina 5% p/v, glicerol al 0,5% y 2% v/v.

A continuación, se prepararon las mezclas como se muestra en la tabla 13 y se mezclaron a 600 rpm durante 15 min. Se dejaron reposar las soluciones en Beakers de 100 mL por un periodo de 24 horas.

Las mezclas se vertieron en cajas Petri de vidrio previamente rotuladas como se puede ver en la figura 11 y se las dejó secar a una temperatura de 38-40 °C en un horno por un período de 24 horas como se puede ver en la figura 12. Posteriormente, las películas se desprendieron de las cajas Petri y fueron almacenadas a temperatura ambiente para su caracterización.

Figura 11

Cajas petri



Nota. Se rotulo cada una de las vajas Petri para tener certeza de cual era cada mezcla después del secado.

Figura 12

Cajas petri en el horno



Nota. En la foto se ven las cajas de Petri en el horno durante 48 horas a 40°C.

Una vez secas, las películas obtenidas al mezclar soluciones de alginato de sodio y pectina mostraron un aspecto homogéneo y translúcido figura 13, por otro lado, las obtenidas al mezclar

soluciones de alginato de sodio y AV presentaron un color más amarillento figura 14, esto se pudo suceder por que las de AV se quemaron o que quedaron cristales y estos se ven más opacos, además de esto también se puede observar que las películas desmoldadas no son completamente circulares como el molde esto fue un error en el momento de acomodar las cajas Petri en el horno ya que no cambian bien y quedaron inclinadas.

Figura 13

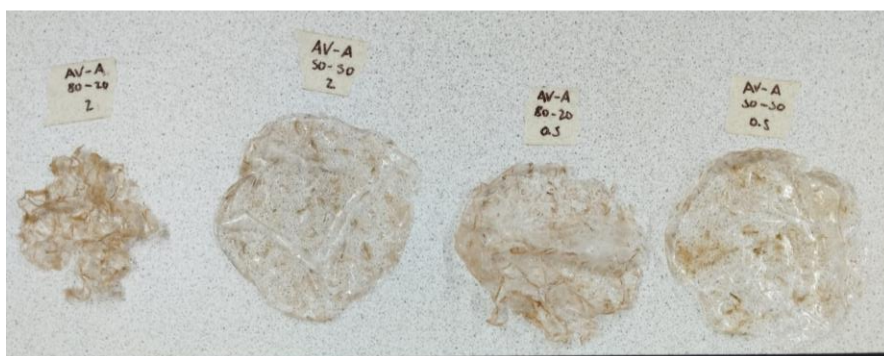
Biopelículas pectina



Nota. Se ven las biopelículas desmoldadas de pectina.

Figura 14

Biopelículas AV



Nota. Se ven las biopelículas desmoldadas de AV.

2.5. Aplicación del recubrimiento en la fresa

Los frutos, se sumergieron en la solución formadora durante 30s y posteriormente se secaron a 40°C en un horno, este procedimiento se repitió 2 veces para que la fresa quedara con una doble capa de recubrimiento, al final se puede ver en la figura 15 la capa ya que la fresa se ve más

brillante de lo normal. Para cada una de las mezclas se recubrieron 3 fresas las cuales se ubicaron en cajas Petri debidamente marcadas y separadas durante 10 días, a parte de estas fresas también se dejaron 3 fresas más sin ningún tipo de recubrimiento (tratamiento 0) para poder hacer comparaciones.

Figura 15

Fresas recubiertas



Nota. Se puede ver que las fresas ya están recubiertas ya que se les ve más brillantes.

2.6. Caracterización

2.6.1. Película

Las membranas poliméricas obtenidas fueron caracterizadas por medio de técnicas que se describen a continuación.

2.6.1.a Peso. Para esta prueba se utilizaron secciones de membranas rectangulares de 7x6cm, con un área de 42cm^2 . Se aplico a cada una de las membranas pesos conocidos.

Figura 16

Equipo



Nota. Se puede ver el equipo de pesos de masas conocidas que se usó.

Dado a que en la universidad no se logró contar con el equipo de ensayos universales se tuvo que adecuar este ensayo usando un conjunto de masas de pesos conocidos figura 16 para ir poniendo sobre la película para ver que tanto peso soportaba antes de romperse, se realizó un montaje para sujetar la película de ambos extremos y poder tenerla templada, para cada mezcla se hicieron 3 películas las cuales fueron puestas a prueba.

En las figuras 17 y 18 se puede observar cómo se pusieron los pesos sobre las Biopelículas y el montaje que se hizo además que se tuvo que usar la membrana completa.

Figura 17

Ensayo de peso pectina



Nota. Se puede ver el ensayo de peso para las biopelículas de pectina.

Figura 18

Ensayo de peso AV



Nota. Se puede ver el ensayo de peso para las biopelículas de AV.

En la tabla 14 se consignan los datos obtenidos en las pruebas y replicas que se realizaron con cada una de las biopelículas.

Tabla 14

Peso máximo que soporto la biopelícula.

Mezcla	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
P-A 80-20 0.5	180 g	150 g	165 g	165 g
P-A 80-20 2	110 g	130 g	125 g	121.6 g
P-A 50-50 0.5	150 g	145 g	160 g	151.6 g
P-A 50-50 2	130 g	125 g	120 g	125 g

Mezcla	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
AV-A 80-20 0.5	100 g	120 g	115 g	111.6 g
AV-A 80-20 2	50 g	45 g	55 g	50 g
AV-A 50-50 0.5	105 g	110 g	100 g	105 g
AV-A 50-50 2	45 g	35 g	40 g	40 g

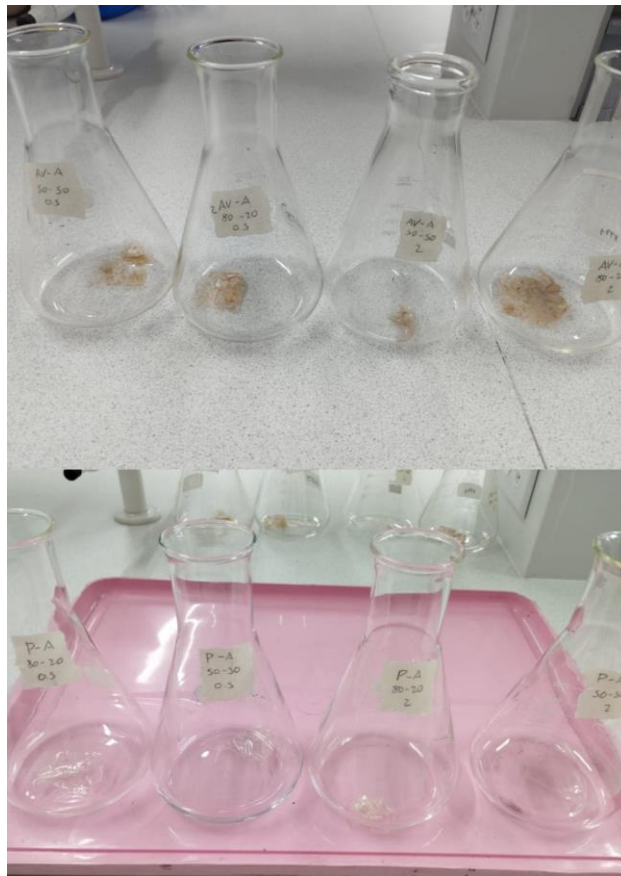
Nota. En la tabla se detalla cada uno de los resultados que se obtuvieron y los promedios que se sacaron.

Se evidencio que las películas elaboradas a base de pectina fueron las más resistente, esto se debe a que son más compactas y flexibles también se debe a que las películas de AV poseían más porosidad en su estructura, esto también se debe a la relación intermolecular que posee la pectina con el glicerol.

2.6.1.b Solubilidad. La solubilidad en el agua de las películas formadas se determinó cortando muestras de 3x3cm de biopelícula como se muestra en la figura 19 y posteriormente pesándolas (m_0).

Figura 19

Muestras para solubilidad



Nota. Se puede ver los beaker en los que se pusieron las muestras para hacer la prueba de humedad.

Subsecuentemente las muestras se sumergieron en 100ml de agua destilada manteniendo una leve agitación por un periodo de 24h a temperatura ambiente como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Muestras solubilidad en el agitador



Nota. Se puede ver los beakers en el agitador a 84rpm y se dejaron durante 24 horas.

Para determinar la masa final (m_f), se sometieron las muestras a secado a una temperatura de 105°C como se muestra en la figura 21 por un día.

Figura 21

Muestras solubilidad en el horno



Nota. Se puede ver los beakers en el horno durante 24 horas.

Al final se determinó la solubilidad con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{(m_0 - m_f)}{m_0} * 100$$

Y los datos obtenidos de los pesos iniciales y finales se consignaron en la tabla 15.

Tabla 15

Datos obtenidos en la prueba de solubilidad.

Mezcla	m_0	m_s	%S
P-A 80-20 0.5	1,6 g	1,5 g	6,667 %
P-A 80-20 2	1,3 g	1,2 g	8,333 %
P-A 50-50 0.5	0,4 g	0,38 g	5,263 %
P-A 50-50 2	0,3 g	0,27 g	11,111 %

Mezcla	m_0	m_s	%S
AV-A 80-20 0.5	0,3 g	0,29 g	3,448 %
AV-A 80-20 2	1,2 g	1,18 g	1,695 %
AV-A 50-50 0.5	0,5 g	0,48 g	4,167 %
AV-A 50-50 2	0,5 g	0,46 g	8,696 %

Nota. En la tabla se detalla cada uno de los datos que se obtuvieron y los resultados que se sacaron con la ecuación.

La solubilidad de las películas alginato AV presentaron valores notablemente bajos en contraste con los datos registrados para las películas alginato - Pectina. Por otra parte, se observó que las películas originales elaboradas a partir de alginato AV presentaron un color ligeramente amarillento, pero una vez culminada la caracterización, la tonalidad amarillenta disminuyó notablemente.

Al finalizar la prueba para la determinación de la solubilidad se evidenció que las biopelículas redujeron su grosor; sin embargo, no se desintegraron. Esto se debe al uso del glicerol como plastificante, ya que las películas formadas usando alginatos en combinación con un plastificante poseen una disminución de la movilidad molecular significativa de los polímeros, también exhiben una buena resistencia al desgarro, lo cual impide que se desintegren las membranas.

2.6.1.c Espesor. El espesor de las películas, se midió utilizando un micrómetro digital como se muestra en la figura 22. Se realizaron 5 mediciones en diferentes partes de la muestra.

Y los datos obtenidos de las 5 mediciones de cada una de las biopelículas se consignaron en la tabla 16.

Figura 22

Micrometro con una pelicula



Nota. Se puede ver como un micrómetro digital mide una biopelícula y el dato que está arrojando.

Tabla 16

Espesor de las Biopelículas.

Mezcla	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	%
P-A 80-20 0.5	0,095	0,073	0,250	0,107	0,265	0,158
P-A 80-20 2	0,258	0,259	0,268	0,241	0,228	0,2508
P-A 50-50 0.5	0,131	0,129	0,137	0,154	0,170	0,1442
P-A 50-50 2	0,0058	0,0036	0,0075	0,0017	0,0010	0,00392
AV-A 80-20 0.5	0,093	0,088	0,066	0,079	0,099	0,085
AV-A 80-20	0,0057	0,0076	0,0079	0,0087	0,0044	0,00686

2						
Mezcla	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	%
AV-A 50-50 0.5	0,0032	0,0024	0,0046	0,0093	0,0055	0,005
AV-A 50-50 2	0,052	0,115	0,089	0,118	0,072	0,0892

Nota. En la tabla se detalla cada uno de los datos que se obtuvieron y los porcentajes que se sacaron.

2.6.1.d Porcentaje de humedad. Para la determinación del contenido de humedad de las biopelículas se realizó lo siguiente: se extrajeron muestras de las películas y se dejaron secar en la estufa a 60°C por 2 horas como se muestra en la figura 23.

Figura 23

Biopelículas secando



Nota. Se puede ver como las biopelículas se pusieron a secar en una estufa múltiple a 61°C.

Posteriormente pesarlas (m_s), el contenido de humedad se calculó aplicando la ecuación:

$$\%H = \frac{(m_0 - m_s)}{m_s} * 100$$

Y los datos obtenidos de los pesos iniciales y finales se consignaron en la tabla 17.

Tabla 17

Datos obtenidos de la prueba de humedad.

Mezcla	m_0	m_f	%H
P-A 80-20 0.5	3,7 g	2,8 g	32,143 %
Mezcla	m_0	m_f	%H
P-A 80-20 2	5,3 g	3,1 g	70,968 %
P-A 50-50 0.5	1,4 g	1,0 g	40 %
P-A 50-50 2	1,1 g	0,8 g	37,5 %
AV-A 80-20 0.5	1,2 g	1,0 g	20 %
AV-A 80-20 2	1,2 g	1,0 g	20 %
AV-A 50-50 0.5	1,4 g	1,2 g	16,667 %
AV-A 50-50 2	2,3 g	2,0 g	15 %

Nota. En la tabla se detalla cada uno de los datos que se obtuvieron y los resultados que se sacaron con la ecuación.

Se puede observar que las membranas elaboradas usando la mezcla alginato - pectina fueron evidentemente más flexibles y resistentes. Esto se debió al porcentaje de humedad que poseían, ya que la pectina es un compuesto altamente higroscópico, es decir, capta agua en forma de vapor o líquido del ambiente donde se encuentre. Además, el uso del glicerol, que es el plastificante que

se empleó en este estudio, influyó en la disminución de las fuerzas intermoleculares, otorgando así mayor flexibilidad y reduciendo la fragilidad.

2.6.2. Fruto

2.6.2.a Pérdida de Peso. Se registró en el día inicial del tratamiento (día 0) y a los 3, 6 y 10 días. La pérdida de peso (PP), se expresó como porcentaje.

En la tabla 18 se consignaron los datos del peso de cada día (0, 3, 6, 10 y 13) se hizo hasta el día 13 ya que las fresas duraron más de lo que se esperaba.

Tabla 18

Pérdida de peso.

	Trat 0	P-A 80-20 0.5		P-A 80-20 2		P-A 50-50 0.5		P-A 50-50 2		AV-A 80-20 0.5		AV-A 80-20 2		AV-A 50-50 0.5		AV-A 50-50 2		
		SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	
Día 0																		
	123.2	101.4	102.7	76.5	77.1	107.0	110.3	99.5	101.5	118.7	125.1	88.5	90.0	131.1	139.1	151.2	154.1	
	123.8	101.5	102.1	76.9	77.7	108.3	109.2	100.1	102.3	118.6	122.1	98.1	101.6	135.7	136.9	159.2	16.3	
	123.3	101.3	102.8	78.2	79.0	107.55	111.4	100.2	102.6	118.7	123.1	101.6	105.0	134.2	134.4	160.4	167.2	
Día 3	121.4	100.2		74.7		109.2		99.2		118.9		101.9		133.9		151.4		
	120.8	100.4		77.4		108.2		100.9		120.1		98.4		135.5		162.5		
	120.7	100.6		75.6		107.8		99.6		121.3		87.9		131.1		162.9		
Día 6	/	97.0		70.5		104.1		/		/		/		132.0		/		
	118.5	98.1		73.6		106.3		98.7		117.4		98.7		130.5		158.6		
	/	98.4		74.2		105.3		96.4		116.2		95.4		128.4		159.4		
Día 10	/	89.3		/		98.9		/		/		/		124.3		/		
	/	88.9		66.7		96.3		87.2		110.3		85.7		125.0		146.5		
	/	89.9		65.2		93.4		/		/		/		120.0		/		
Día 13	/	78.4		/		/		/		/		/		117.3		/		

Nota. En la tabla se detalla cada uno de los datos que se obtuvieron y se puede ver las fresas que se iban desechando.

2.6.2.b Vida útil. Para determinar si la vida de una fresa se puede extender será por medio de los sentidos de la visión, el olfato y el gusto; también se tendrá en cuenta la percepción de los 30 panelistas y en compañía de la prueba de pérdida de peso también se podrá observar el tiempo que aparentemente se vea fresca la fresa.

En la figura 24 se puede observar como las fresas se ven más brillantes de lo normal por el recubrimiento que se les ha aplicado.

Figura 24

Fresas recubiertas día 0



Nota. Fresas recubiertas día 0 sin ningún daño.

En la figura 25 se observa como ya empiezan a aparecer los hongos en las fresas, esto se puede dar por que el recubrimiento no se adhirió bien a la fresa o quedo alguna parte sin recubrir.

Figura 25

Fresas recubiertas día 3

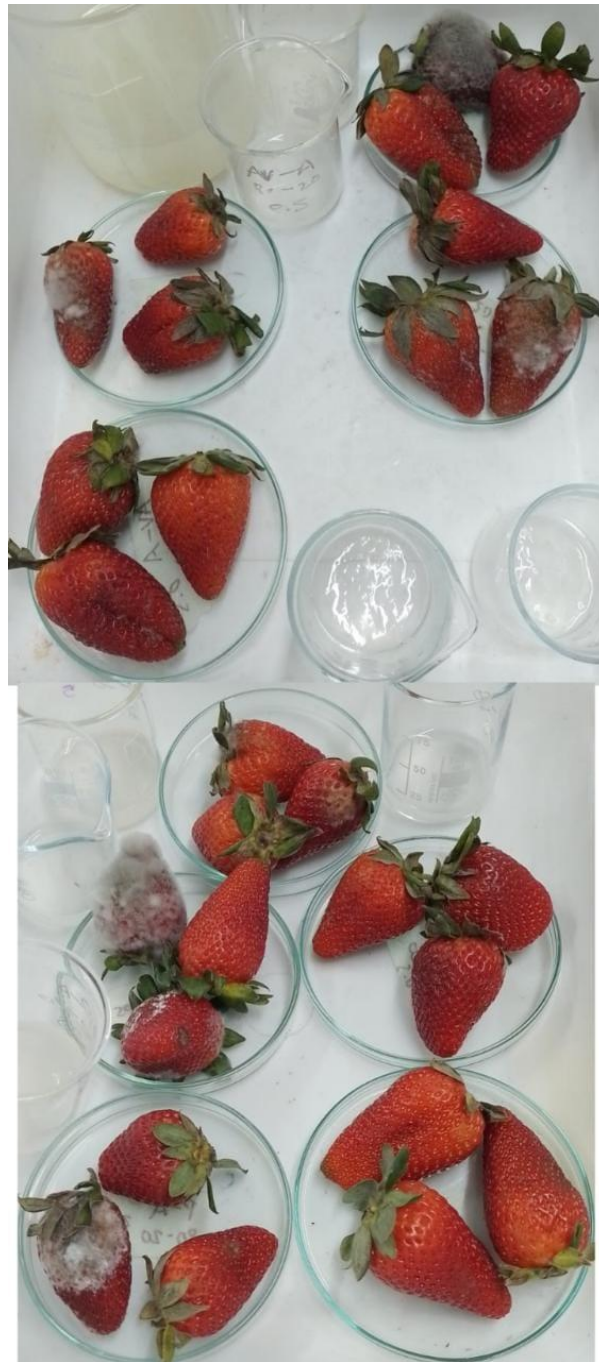


Nota. Fresas recubiertas día 3 con moho.

En la figura 26 se puede ver que las fresas se comienzan a deteriorar dando así un completo paso a los hongos, a las fresas ya deterioradas no se les toman datos de pérdida de peso y se empiezan a desechar las que ya no son aptas para continuar con el tratamiento.

Figura 26

Fresas recubiertas día 6

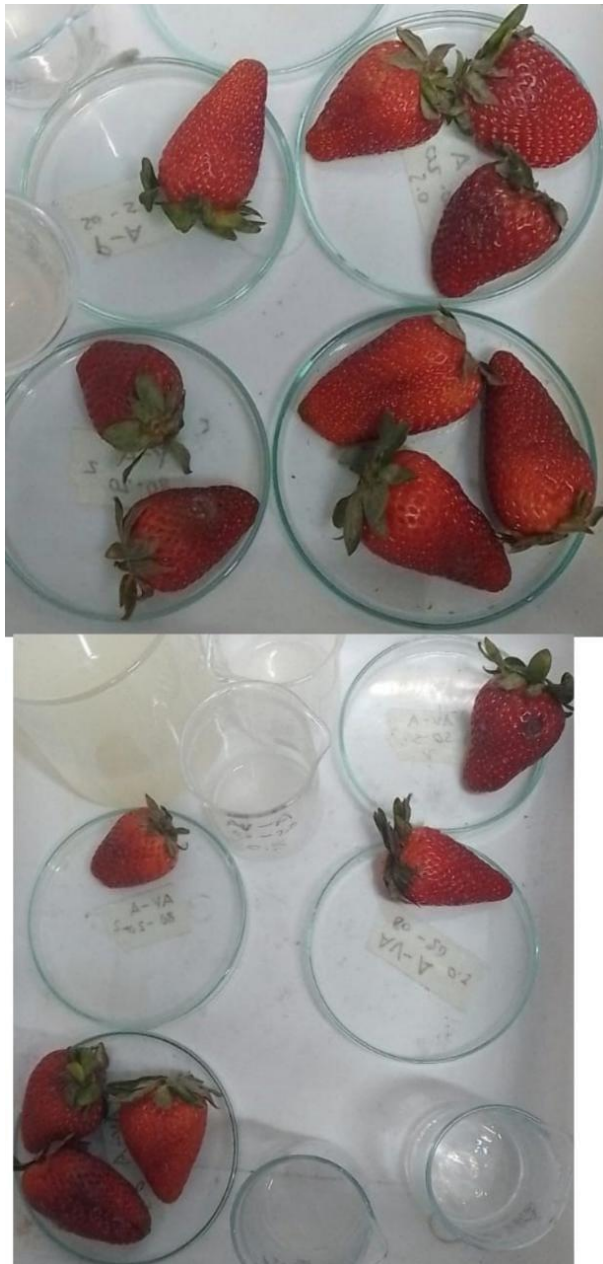


Nota. Fresas recubiertas día 6 con moho que ya no son consumibles.

En la figura 27 se presentan las fresas que aún no presentan un daño considerable y aún se pueden usar para continuar con el seguimiento.

Figura 27

Fresas recubiertas día 10

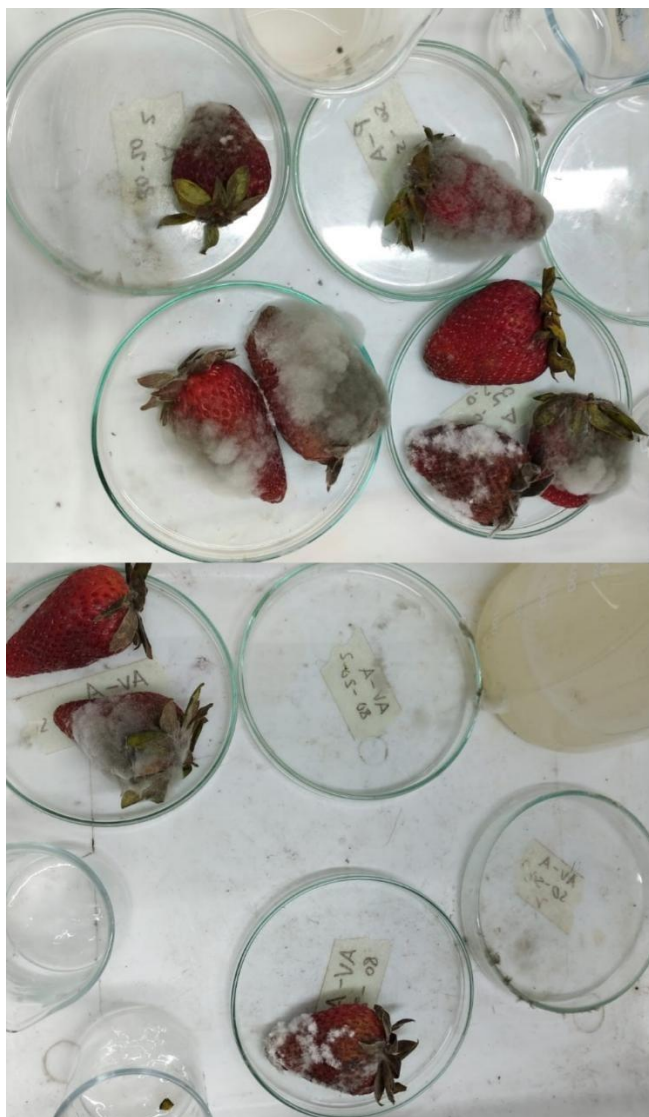


Nota. Fresas recubiertas día 10 desechando las que ya no son aptas para consumo.

En la figura 28 se evidencia que solo hay dos fresas que no presentan ningún daño notable, estas corresponden a las mezclas formadoras de alginato - AV, 50:50 con 5% v/v de glicerol y alginato – pectina, 80-20 con 5% v/v de glicerol.

Figura 28

Fresas recubiertas día 13



Nota. Fresas recubiertas día 13 último día del seguimiento.

Se evidencia un notable cambio en la vida útil de la fresa ya que normalmente una fresa puede durar hasta 3 días con refrigeración, conservándose físicamente apta para consumo, a pesar de que este tiempo puede variar dependiendo también del modo de transporte y cuidado que se le tiene al fruto, en este caso las fresas duraron hasta 13 días de conservación sin ningún tipo de refrigeración ni aislamiento ya que estuvieron expuestas al ambiente.

2.6.2.c Pruebas Organolépticas. Para estas pruebas se eligió replicar los dos tratamientos que mejores resultados obtuvieron en tanto a la conservación del fruto y se les dio a probar 4 muestras diferentes de fresa a 30 panelistas no entrenados [39]. Ya que este es un experimento se hace a escala laboratorio, se elaborará a los 6 días de haberse recubierto las fresas.

Para el desarrollo del panel a cada uno de los panelistas se le entregarán 4 muestras la cuales serán: una fresa fresca (recién recolectada), una fresa por cada tratamiento que se replicó y una fresa sin ningún tipo de recubrimiento pero que lleve los mismos días de recolectada que las que están recubiertas. Con estas 4 muestras el panelista tendrá suficientes argumentos comparativos con respecto al color, sabor, olor y textura de las fresas.

Figura 29

Encuestando



Nota. Encuestando a amigos y familiares.

Para determinar si la fresa tenía algún cambio en el sabor, color y/o textura se implementó una encuesta a 30 panelista no experimentados (familiares y amigos) los cuales probaron las 4 muestras de las fresas.

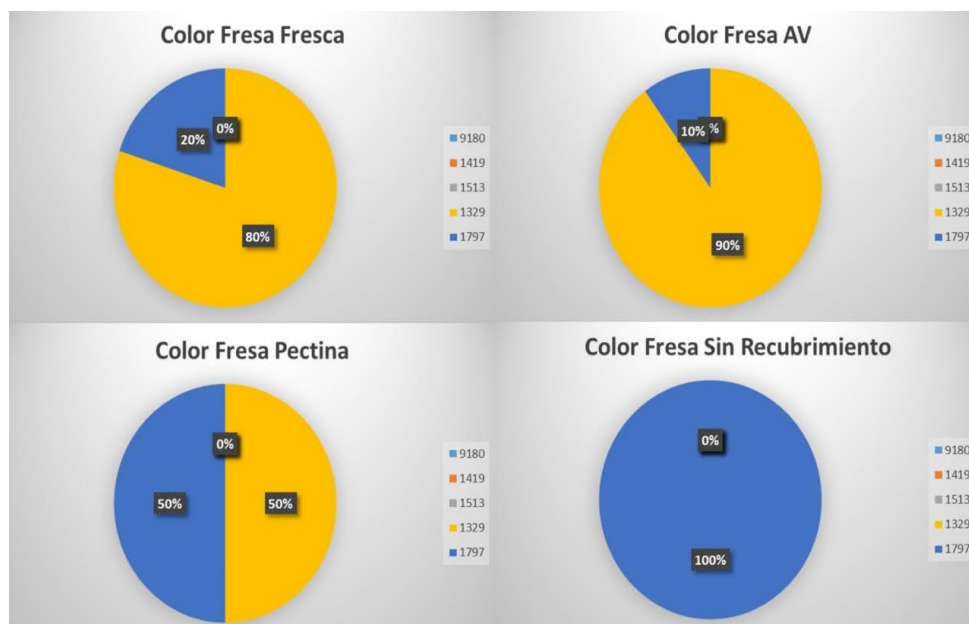
Obteniendo los siguientes resultados:

¿A qué color se parece más su fresa?

Para esta pregunta se usaron cartas de pantone para que los panelistas pudieran determinar el color que más se parecía al color que tenía la fresa que tenían en sus manos.

Figura 30

Color



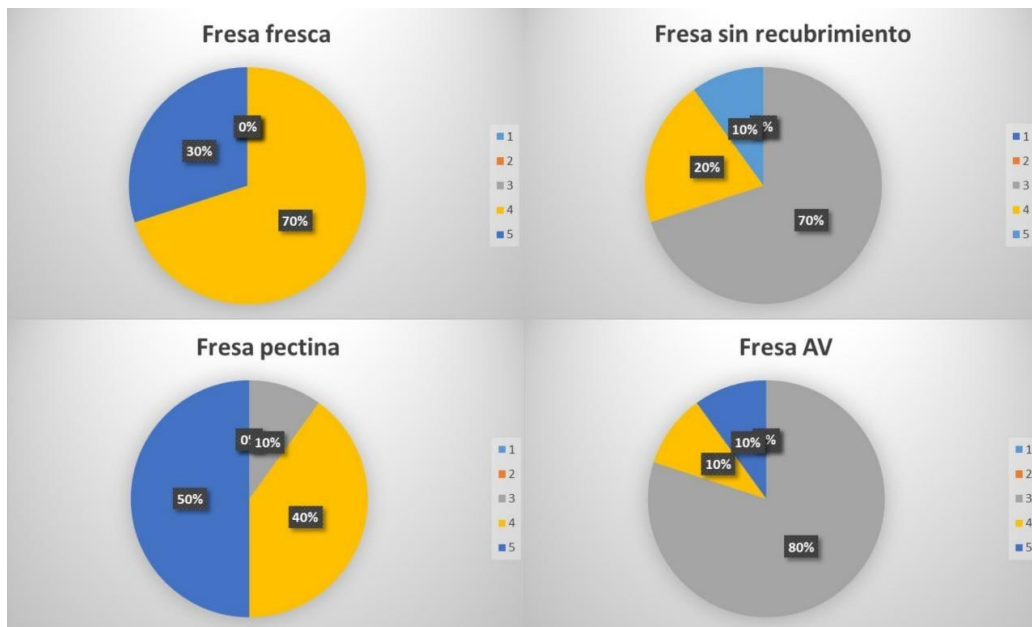
Nota. Resultados de la encuesta en diagrama de torta del color.

En la figura 30 se ponen en comparación las respuestas que se obtuvieron con respecto a el color que tenían cada una de las muestras.

¿El Color de la fresa le parece agradable para el consumo? Califique de 1 a 5 siendo 1 desagradable y 5 agradable.

Figura 31

Condicion color



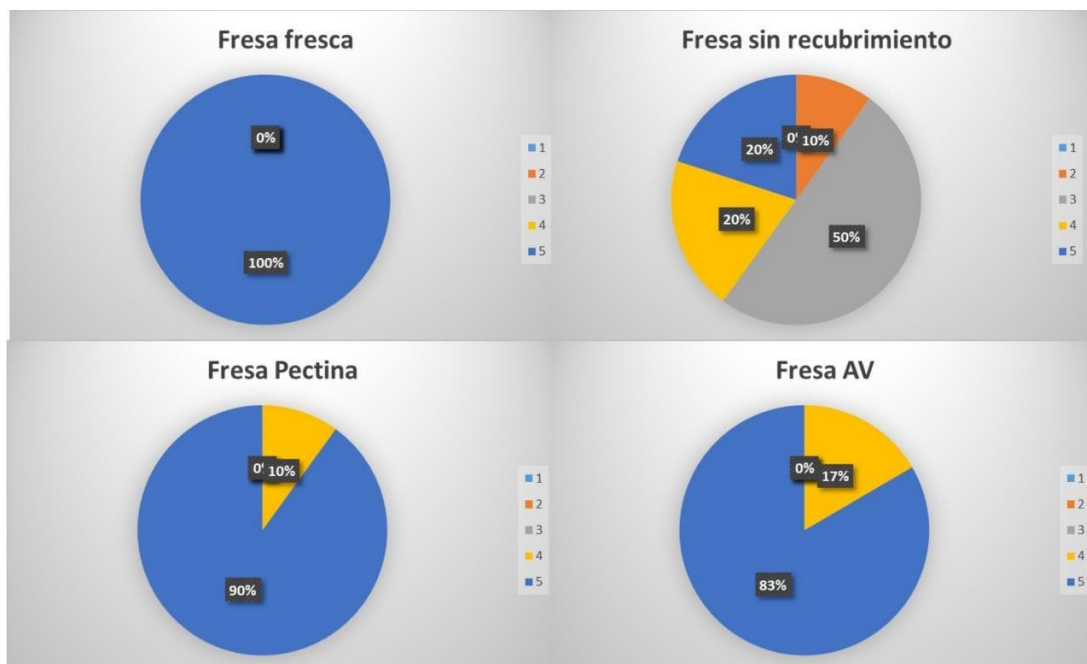
Nota. Resultados de la encuesta en diagrama de torta de la condición del color.

En la figura 31 se ponen en comparación las respuestas que se obtuvieron con respecto a si el color que poseía cada una de las muestras era agradable para el consumo o si el panelista se la comería sin problema o desagrado.

¿El OLOR de la fresa le parece agradable para el consumo? Califique de 1 a 5 siendo 1 desagradable y 5 agradable.

Figura 32

Olor



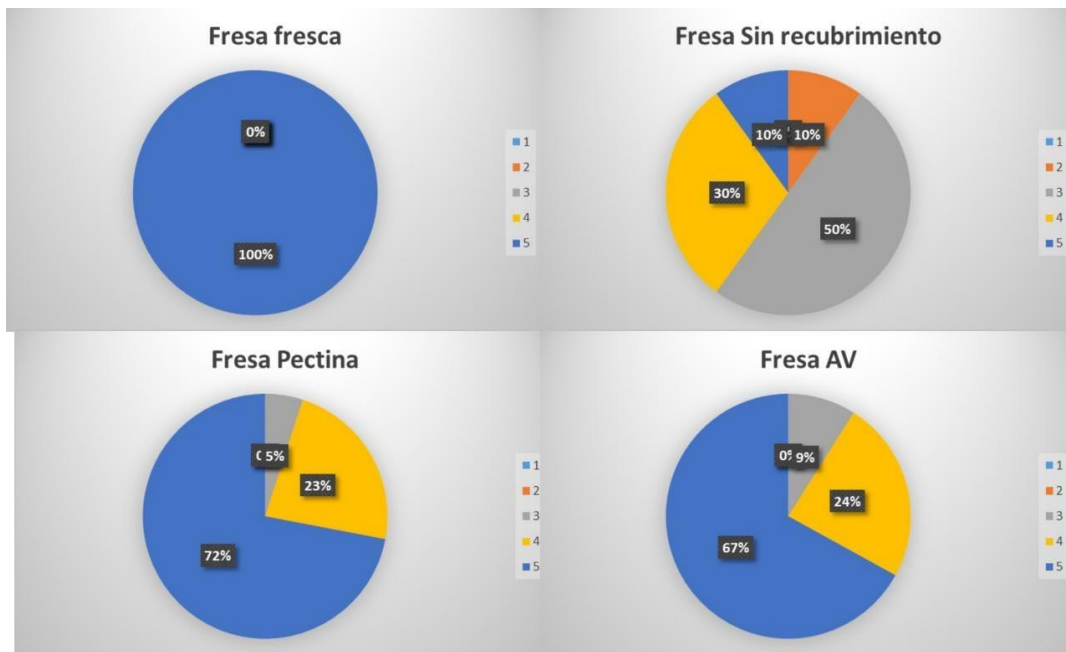
Nota. Resultados de la encuesta en diagrama de torta del olor.

En la figura 32 se ponen en comparación las respuestas que se obtuvieron con respecto a si el olor que tenían cada una de las muestras era agradable para los panelistas.

¿Con respecto a la percepción en la boca como siente la Textura de la fresa? Califique de 1 a 5 siendo 1 desagradable y 5 agradable.

Figura 33

Textura



Nota. Resultados de la encuesta en diagrama de torta de la textura.

En la figura 33 se ponen en comparación las respuestas que se obtuvieron con respecto a la textura o la sensación que tenían en la boca los panelistas en el momento de probar cada una de las muestras.

Además de estas respuestas con algunas personas pudimos evidenciar que a pesar que algunas de las fresas que tenían recubrimiento ya poseían algunos daños físicos en el exterior pero en su interior la fresa estaba intacta y fresca, se podía ver que por fuera la fresa se veía más madura y por dentro más verde, además de esto las fresas recubiertas con pectina tenía un sabor levemente más dulce en comparación con las otras muestras, también se evidencio un ligero cambio en el sabor de las fresas recubiertas con AV y las fresas sin recubrimiento algunos de los panelistas no quisieron probarlas ya que decían que poseían una presencia no tan agradable.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que las variables esenciales e importantes para el proceso productivo de las biopelículas son la temperatura ya que facilita hacer las disoluciones y ayuda a que los recubrimientos se adhieran fácilmente a las fresas además de que es necesaria para la fabricación de la película, también es necesaria para la caracterización; otra de las variables fue la masa y el volumen ya que para realizar las mezcla y las composiciones es necesario medir masa y volumen; la composición es importante para determinar la homogeneidad de cada una de las diferentes mezclas y finalmente la concentración para que las soluciones quedaran uniformes y si saturaciones.

La composición química de los plásticos elaborados, así como las propiedades físico mecánicas presentadas por éstos, nos indica que es posible elaborar membranas a partir de Alginato de sodio, pectina y Aloe vera mediante la técnica de casting, sin embargo, no se pueden comparar con los plásticos convencionales ya que si fabricación es más compleja y poseen menos resistencia al peso.

Se elaboraron películas de polímeros naturales empleando alginato – pectina y alginato - AV como mezclas formadoras. Los biofilms formados fueron estables, lo cual facilitó su análisis posterior. Sumado a esto, fue posible caracterizar las biopelículas elaboradas mediante pruebas físicas y se estudió sus propiedades como solubilidad y el peso que lograron soportar según la relación de la mezcla formadora y la concentración de plastificante usada.

Se concluyó que el mejor tratamiento para alargar la vida útil de la fresa fue el que consistió en una mezcla formadora alginato - AV, en una proporción 50:50 y a la cual se le agregó una solución de glicerol como plastificante a una concentración del 5% v/v, lo cual dio como resultado la fresa que mayor tiempo duro sin ningún tipo de hongo.

Además de esto también se puede concluir que el mejor tratamiento de película fue el que consisto en una mezcla formadora alginato – pectina, en una proporción 80:20 y a la cual se le agrego una solución de glicerol como plastificante a una concentración del 5% v/v, lo cual dio como resultado una variable respuesta de peso soportado de 180 gramos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. A.-A. A. Y. S.-T. M. I. Garcia Figueroa, «Efecto De Recubrimientos Comestibles De Aloe Vera Y Alginato De Sodio Sobre La Calidad Poscosecha De Fresa.,» *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, Vol. 22, N° 2, Jul/Dic 2019.
- [2] Minagricultura, «Cadena De La Fresa,» Marzo 2021. [En Línea]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/fresa/documentos/2021-03-31%20cifras%20sectoriales.pdf>. [Último Acceso: 2022].
- [3] C. Navarro, «Cuerpomente,» 2 octubre 2018. [En Línea]. Available: <https://www.cuerpomente.com/guia-alimentos/fresa>. [Último Acceso: 2022].
- [4] F. H. M, «Agrosavia,» [En Línea]. [Último Acceso: 2022].
- [5] Fresa, «Eurosemillas,» Lo Que Pide La Tierra, [En Línea]. Available: <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa>. [Último Acceso: 28 septiembre 2022].
- [6] Cámara De Comercio De Bogotá, «Núcleo Ambiental S.A.S.,» Bogotá.
- [7] Interempresas Media, «Frutas Y Hortalizas,» 2022. [En Línea]. [Último Acceso: 2022].
- [8] D. C. E. S. A. M. S. P. P. Natalia Marcela Fernández, «Estado Actual Del Uso De Recubrimientos Comestibles En Frutas Y Hortalizas,» *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, Vol. 15, N° 2, Pp. 134-141, 2017.
- [9] L. S.-G. M. V. C. G.-M. M. C. A. Chiralt., «Incorporación De Productos Naturales En Recubrimientos Comestibles Para La Conservación De Alimentos.,» Congreso Sea Bullas., 2008.
- [10] P. M. A. P. M. C. Bonilla Valladares, «Elaboración Y Caracterización Físicoquímica De Películas Formuladas A Partir De Alginato-Gelatina Y Alginato-Pectina.,» 2021.
- [11] T. R. R. Sonu Sharma, «Xanthan Gum Based Edible Coating Enriched With Cinnamic Acid Prevents Browning And Extends The Shelf-Life Of Fresh-Cut Pears, » *Lwt - Food Science And Technology*, Vol. 62, N° 1, Pp. 791-800, Junio 2015.
- [12] T. A. Ochoa, «Diseño De Empaques Comestibles Activos A Base De Almidón Modificado Para Su Posible Aplicación En Alimentos En Fresco,» P. Noviembre, 2012.
- [13] L. A.-B. C. J.-M. Luz Georgina Solano-Doblado, «Películas Y Recubrimientos Comestibles Funcionalizados,» *Tip. Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, Vol. 21, N° 2, 02 diciembre 2020.

- [14] Z. U. E. T. R. Arzu Cagri, «Antimicrobial Edible Films And Coatings,» *Journal Of Food Protection*, Abril 2004.
- [15] I. D. P. Y. D. L. F. I. S. L. G. Térmica, «José A. Carmona, Felipe Cordobés, Antonio Guerrero, Inmaculada Martínez, Y Pedro Partal,» Vol. 58, N° 3, Pp. 289-296, 2007.
- [16] E. P. M. T. J. M. G. V. N.-M. A. R. N. C. A. L.-M. Raúl Avila-Sosa, «Antifungal Activity By Vapor Contact Of Essential Oils Added To Amaranth, Chitosan, Or Starch Edible Films,» *International Journal Of Food Microbiology*, Vol. 153, Pp. 66-72, 1 Febrero 2012.
- [17] A. S. C. S. R. H. R. M. Daniela Escobar, «Películas Biodegradables Y Comestibles Desarrolladas En Base A Aislado De Proteínas De Suero Lácteo : Estudio De Dos Métodos De Elaboración Y Del Uso De Sorbato De Potasio Como Conservador,» *Evista Del Laboratorio Tecnológico Del Uruguay*, N° 4, Pp. 33-36, 2009.
- [18] A. S. A. Jaworek, «Electrospraying Route To Nanotechnology: An Overview,» *Journal Of Electrostatics*, Vol. 66, N° 3-4, Pp. 197-219, Marzo 2008.
- [19] C. C.-S. L. A.-B. H. H.-S. G. G.-L. A. Monroy-Villagrana, «Coupled Taguchi-Rsm Optimization Of The Conditions To Emulsify A-Tocopherol In An Arabic Gum-Maltodextrin Matrix By Microfluidization,» *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, Vol. 13, N° 3, Pp. 679-688, 2014.
- [20] L. Wicker, «Hydrocolloids – Practical Guides For The Food Industry,» *Journal Of Texture Studies*, Vol. 35, N° 5, Pp. 570-571, 21 Enero 2005.
- [21] G. E. E. G. Y. C. P. Miguel Mejía, «Producción Y Caracterización Química Del Alginato Sintetizado Por Cepas,» *Sociedad Mexicana De Biotecnología Y Bioingeniería*.
- [22] M. Calvo, «Bioquímica De Los Alimentos,» Alginato, 2014. [En Línea]. Available: [Http://Milksci.Unizar.Es/Bioquimica/Temas/Azucares/Alginato.Html](http://Milksci.Unizar.Es/Bioquimica/Temas/Azucares/Alginato.Html). [Último Acceso: 2022].
- [23] M. S. D. Lasta, «Monografías,» [En Línea]. Available: [Https://Www.Monografias.Com/Trabajos12/Alginato/Alginato2#Estructura](https://Www.Monografias.Com/Trabajos12/Alginato/Alginato2#Estructura). [Último Acceso: 2022].
- [24] Carl Roth , «Carl Roth,» Alginato De Sodio Para La Bioquímica. , 5 Junio 2019. [En Línea]. Available: [Https://Www.Carlroth.Com/Medias/Sdb-9180-Es-Es.Pdf?Context=Bwfdzdgvyfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0c3wymjk1mjz8yxwbwgljyxrpb24vcgrmfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0cy9ongmvaddhlzkwodi0odgyotezntgucgrmfddlzgqy](https://Www.Carlroth.Com/Medias/Sdb-9180-Es-Es.Pdf?Context=Bwfdzdgvyfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0c3wymjk1mjz8yxwbwgljyxrpb24vcgrmfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0cy9ongmvaddhlzkwodi0odgyotezntgucgrmfddlzgqy)

ndqzngnjytlkm2m3zgrmmdk4nta4mjQ0nZrhm2qwy2nlNwuwmgjloDrjnmnhzddk.

[Último Acceso: 2022].

- [25] «Delitebe,» Alginato De Sodio Para La Bioquímica, 27 Junio 2018. [En Línea]. Available: <https://www.delitebe.com/doc/fichastecnicas/7778990007.pdf>. [Último Acceso: 2022].
- [26] Á. O. P. M. I. Y. A. A. L. M. Ibarguen D, «Elaboración Y Caracterización De Películas Comestibles A Base Del Gel De Aloe Vera (Aloe Barbadensis Miller L.),» Alimentos Hoy, Vol. 23, N° 36, 2015.
- [27] L. E. A. R. L. L. R. M. C. L. J. A. F. R. L. G. D. B. A. T. M. L. G. S. Lic. Reinaldo Rivero Martínez, «Obtención Y Caracterización Preliminar De Un Extracto De Aloe Vera L. Con Actividad Antiviral,» Revista Cubana De Plantas Medicinales, Ene-Abr 2002.
- [28] I. A.-V. J. J. C.-P. J. S. W.-C. J. S. A.-G. G. C.-D. V. G.-F. G. F. G.-L. R.N. Domínguez-Fernández, «El Gel De Aloe Vera: Estructura, Composición Química, Procesamiento, Actividad Biológica E Importancia En La Industria Farmacéutica Y Alimentaria,» Revista Mexicana De Ingeniería Química, Vol. 11, N° 1, Abril 2012.
- [29] F. V. E. Al, De Advances In Pectin And Pectinase Research, 2003.
- [30] P. Sriamornsak, «Chemistry Of Pectin And Its Pharmaceutical Uses: A Review,» Silpakorn University International Journal, Vol. 3, Pp. 206-208, 2003.
- [31] J. A. E. Guadarrama, «Elaboración Y Caracterización De Biopelículas Elaboradas Con Quitosano Y Adicionadas Con Partículas De Almidón,» Universidad Autónoma Del Estado De, 2020.
- [32] V. Y. Z. Franco, «Extracción De Pectina De Residuos De Cáscara De Naranja Por Hidrólisis Ácida Asistida Por Microondas (Hmo),» Investigación & Desarrollo, Vol. 1, N° 15, 2015.
- [33] Silvateam, «¿Qué Es La Pectina? (S. F.),» [En Línea]. Available: <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/aditivos-alimentarios/pectina/qu-es-la-pectina.html>. [Último Acceso: 2022].
- [34] C. Roth, «Pectina,» [En Línea]. Available: <https://www.carlroth.com/medias/sdb-0798-es-es.pdf?context=Bwfdgvyfhny3vyaxr5rgf0yxnozww0c3wynja3mzf8yxbwbglijxrp24>

- vcgrmfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0cy9ommyvagi0lzkwmjcmza4ntkyotqucgrmfdkwngq
3mgm0zddlmdjnn2y0owjlni4m2myngjmmgq4zgy4ntmynjfiyje2nja1nmvhmthm.
- [35] Equisalud, «Glicerol,» [En Línea]. Available: <https://www.Equisalud.Com/Es-Es/Componentes/Glicerol/>.
- [36] Liliya623, «Dreamstime,» Molécula De La Glicerina Del Glicerol Fórmula Química Y M Estructurales Ilustración Del Vector , 19 Enero 2018. [En Línea]. Available: <https://es.Dreamstime.Com/Molécula-De-La-Glicerina-Del-Glicerol-Fórmula-Química-Y-M-Estructurales-Image107990160>. [Último Acceso: 2022].
- [37] C. Roth, «Glicerol,» [En Línea]. Available: <https://www.Carlroth.Com/Medias/Sdb-0798-Es-Es.Pdf?Context=Bwfdzdgvyfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0c3wynja3mzf8yxbwbglijxrp24vcgrmfhnly3vyaxr5rgf0yxnozww0cy9ommyvagi0lzkwmjcmza4ntkyotqucgrmfdkwngq3mgm0zddlmdjnn2y0owjlni4m2myngjmmgq4zgy4ntmynjfiyje2nja1nmvhmthm>.
- [38] S. A. N. G. Kulveer Singh Ahlawat, «Effect Of Plant Maturity On Leaf Growth, Yield And Physicochemical Properties Of Aloe Vera Gel,» Agro Food Industry Hi Tech, Vol. 24, N° 1, Pp. 22-24, Junio 2014.
- [39] B. W. G. Y. L. J. L.G., De Métodos Sensoriales Básicos Para La Evaluación De Alimentos., 1992.
- [40] M. P. F. L. M. A. A. Ángel Oswaldo Ibargüen D, «Elaboración Y Caracterización De Películas Comestibles A Base Del Gel De Aloe Vera (Aloe Barbadensis Miller L.),» Alimentos Hoy, Vol. 23, N° 36, 2015.