

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Aplicaciones de biopolímeros en la fabricación de empaques para alimentos
Trabajo de investigación para la obtención del grado de Bachillera en Ciencias
con Mención en Ingeniería Industrial presentado por:

Jahaira Pilar Granados Regalado

Asesor:

Mariano Guillén Zénder

Lima, 2021

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basará en la descripción de los polímeros y biopolímeros, sus definiciones y fuentes, así como la gama de aplicaciones, en la elaboración de empaques para alimentos.

Está compuesto por tres capítulos los cuales son el Marco conceptual, el Estado de arte y conclusiones.

En primer lugar, se presentará un marco conceptual con definiciones de polímeros, biopolímeros, sus fuentes y diferentes usos y aplicaciones. Además, se detallará los principales procesos de transformación de plásticos y los sistemas de empaques existentes hasta la actualidad.

En segundo lugar, se presentará fichas resúmenes con información obtenida de estudios e investigaciones en laboratorios, en un entorno de los biopolímeros y sus distintas aplicaciones, principalmente en la elaboración de empaques para alimentos.

Finalmente, se incluirá las conclusiones del trabajo de investigación que nos muestre los avances y los retos que debe enfrentar la aplicación de biopolímeros.

TEMA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OPTAR: Título de bachiller de Ingeniero Industrial

ALUMNO: Jahaira Pilar Granados Regalado

CÓDIGO: 20142469

PROPUESTO POR: Mariano Guillén Zénder

ASESOR: Mariano Guillén Zénder

TEMA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: Aplicaciones de Biopolímeros en la Fabricación de Empaques para Alimentos

FECHA: 13 de enero de 2021

1 Justificación

Los biopolímeros son macromoléculas que pueden ser empleadas para reemplazar a los polímeros de origen petroquímico en diversos sectores de la industria. Estos materiales son de rápida degradación, favorables al medio ambiente, por lo que su uso y aplicación crece cada vez más.

La producción mundial de biopolímeros presenta una tendencia creciente y se proyecta que para el año 2023 alcance 2 616 toneladas. El continente Asia lidera la producción de biopolímeros con más del 50%. Respecto a las aplicaciones, el uso de biopolímeros sigue la siguiente distribución: bienes de consumo (28%), construcción (21%), sector automotriz (19%), embalaje (15%), sector textil (11%) y otros (6%). “En el segmento de bienes de consumo destacan bolígrafos, cajas, zapatos; que son fabricados con PE, PET, PLA, entre otros. En lo que respecta a los embalajes, tanto los envases rígidos como los flexibles son elaborados a partir de biopolímeros como PET, PE o PLA. Del mismo modo, las vajillas desechables son elaboradas en la actualidad a partir de PLA y toda una gama de otros poliésteres biodegradables (Adipato-Tereftalato de Polibutileno (PBAT), Polibutileno Succinato (PBS) A.” (Moreno, Ruiz, Suárez y Nausa, 2019). Hasta el año 2019, la distribución porcentual de la capacidad de producción global de bioplásticos por tipo de material biopolimérico fue la siguiente: mezclas de almidón (21.3%), PLA (13.9%), PBAT (13.4%), PE (11.8%), PA (11.6%), PET (9.8%), PTT (9.2%), PBS (4.3%), PHA (1.2%), otros (2.3%) (Díaz, 2020).

Cabe recalcar que en el Perú aún no se fabrican biopolímeros, pero se están desarrollando estudios entorno a ellos para su aplicación en las distintas industrias.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Identificar y describir los principales biopolímeros que son usados en la fabricación de empaques para alimentos, así como mostrar las distintas fuentes y formas de obtención.

2.2 Objetivos específicos

- **Marco conceptual:** Desarrollar definiciones sobre materiales poliméricos y biopoliméricos, sus procesos de obtención, así como las distintas aplicaciones en empaques para alimentos y otros usos
- **Estado de arte:** Presentar casos de estudios e investigaciones sobre las distintas aplicaciones de los biopolímeros.
- **Conclusiones:** Presentar las conclusiones del presente trabajo.

3 Puntos a tratar

- **Marco conceptual:** Se presentará las definiciones y fuentes de los polímeros y biopolímeros, así como los distintos procesos por los que atraviesan para la obtención de distintos productos como empaques para alimentos.
- **Estado de arte:** En este capítulo, se desarrollará fichas resúmenes elaboradas a partir de distintos estudios e investigaciones entorno a las aplicaciones de los biopolímeros.
- **Conclusiones:** Se mencionará conclusiones finales del trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1 Polímeros	1
1.1.1 Definición de polímeros.....	1
1.1.2 Clasificación de polímeros según su comportamiento ante el calor	1
1.2 Biopolímeros.....	2
1.2.1 Definición de biopolímeros.....	2
1.2.2 Clasificación de biopolímeros según su fuente.....	2
1.3 Técnicas de transformación de plásticos.....	4
1.3.1 Extrusión.....	4
1.3.2 Inyección.....	4
1.3.3 Moldeo por soplado	5
1.3.4 Moldeo rotacional	6
1.3.5 Moldeo por compresión	7
1.3.6 Termoconformado.....	8
1.4 Sistemas de empaques para alimentos	9
1.4.1 Empaques de atmósferas modificadas	9
1.4.2 Empaques asépticos	9
1.4.3 Empaque inteligente.....	10
1.4.4 Empaque activo.....	10

1.5	Aplicaciones de biopolímeros en empaques	11
1.5.1	Fibroína de seda (FS)	11
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....		14
2.1	Casos de aplicaciones de biopolímeros en la fabricación de empaques para alimentos	14
2.1.1	Caso 1: Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables.....	14
2.1.2	Caso 2: Los biopolímeros como una alternativa para la elaboración de empaques agroindustriales.....	15
2.1.3	Caso 3: Biopolímeros y su aplicación en medio ambiente.....	16
2.1.4	Caso 4: Propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón de papa. 17	
2.1.5	Caso 5: Elaboración de envases para alimentos usando biopolímeros	18
2.1.6	Caso 6: Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas.....	19
2.1.7	Caso 7: Elaboración de películas comestibles a partir de proteínas.....	20
2.1.8	Caso 8: Recubrimiento comestible elaborado a partir de un biopolímero	21
2.1.9	Caso 9: Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos	22
2.1.10	Caso 10: Fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos.....	23
2.1.11	Caso 11: Obtención de un biopolímero a base de almidón de achira	24
2.1.12	Caso 12: Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados	25
CONCLUSIONES		26
BIBLIOGRAFÍA		27

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables.....	14
Tabla 2: Biopolímeros como alternativa en la elaboración de empaques agroindustriales	15
Tabla 3: Aplicaciones de los biopolímeros	16
Tabla 4: Propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros obtenidos a partir del almidón de papa.17	
Tabla 5: Elaboración de envases para alimentos a partir de biopolímeros	18
Tabla 6: Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas. ..	19
Tabla 7: Elaboración de películas comestibles a partir de proteínas.....	20
Tabla 8: Desarrollo de recubrimiento comestible a partir de un biopolímero.	21
Tabla 9: Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables.	22
Tabla 10: La fibroína de seda en empaques biodegradables para alimentos.	23
Tabla 11: Obtención de un biopolímero a base de almidón de achira.	24
Tabla 12: Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplos de termoplásticos	1
Figura 2: Ejemplo de termoestables.....	2
Figura 3: Ejemplo de elastómeros.....	2
Figura 4: Extrusión de plásticos.....	4
Figura 5: Inyección de plásticos.....	5
Figura 6: Moldeo por soplado.....	6
Figura 7: Esquema de rotomoldeo	7
Figura 8: Prensa para moldeo por compresión.....	7
Figura 9: Proceso de termoconformado.....	8
Figura 10: Empaques de atmósfera modificada.....	9
Figura 11: Empaques asépticos.....	10
Figura 12: Empaques inteligentes.....	10
Figura 13: Empaques activos	11
Figura 14: Biopolímeros usados en empaques de alimentos.	11

CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL

En esta primera parte se desarrollará conceptos relacionados a los polímeros, biopolímeros y empaques de alimentos elaborados a partir de estos.

1.1 Polímeros

1.1.1 Definición de polímeros

Ávila (2017) define a los polímeros como macromoléculas que se forman a partir de la unión de pequeñas moléculas llamadas monómeros. Los monómeros son unidades de repetición que mediante el proceso denominado polimerización forman una estructura con características y propiedades propias como son los polímeros.

1.1.2 Clasificación de polímeros según su comportamiento ante el calor

De acuerdo con Ávila (2017), los materiales poliméricos se clasifican en los siguientes tres (03) grupos:

- Termoplásticos: Son materiales que a temperatura ambiente se mantienen rígidos, pero al aumentar la temperatura pueden ser blandos y moldeables sin alterar sus propiedades químicas. Estos materiales pueden reciclarse.



Figura 1: Ejemplos de termoplásticos
Fuente: Ávila (2017)

- Termoestables: También denominados termorrígidos, son materiales que no pueden ser reprocesados después de haber sido conformados, es decir, no son reciclables. Además, son rígidos, frágiles y presentan resistencia térmica.



Figura 2: Ejemplo de termoestables
Fuente: Ávila (2017)

- Elastómeros: Son un tipo de polímeros cuya consistencia es elástica, lo cual les permite deformarse hasta más del doble de su tamaño y volver a su forma original. No se pueden termoconformar ni soldar.



Figura 3: Ejemplo de elastómeros
Fuente: Ávila (2017)

1.2 Biopolímeros

1.2.1 Definición de biopolímeros

Valero, Ortegón y Uscategui (2013), señalan que los biopolímeros son macromoléculas cuya fuente no proviene del petróleo sino de recursos renovables y degradables. Son considerados como una alternativa más interesante en la industria de los plásticos pues su degradación es mucho más veloz.

1.2.2 Clasificación de biopolímeros según su fuente

De acuerdo con los autores Valero et al. (2013), los biopolímeros se clasifican dependiendo de la fuente de obtención de la siguiente manera:

➤ Biopolímeros extraídos de la biomasa

- Basados en almidón: El almidón es utilizado en la síntesis de materiales biodegradables. Este es mezclado con otros polímeros para reforzar algunas propiedades de los materiales. Por ejemplo, la mezcla de almidón con poliésteres alifáticos (policaprolactona-PCL y aromáticos) mejora la biodegradabilidad y procesabilidad. Además, el almidón es usado como agente reforzante en elastómeros de poliuretano (PU). Alrededor del 80% de los polímeros de almidón son utilizados en la elaboración de envases y embalajes.
- Basados en celulosa: “Los polímeros basados en celulosa se producen mediante modificación química de celulosa natural. Los principales representantes son el celofán, el acetato de celulosa, el éster de celulosa, la celulosa regenerada para fibras y los biomateriales compuestos de celulosa” (Valero, Ortegón y Uscategui,2013, p.174). Pueden ser usados en procesos de moldeo y extrusión.

➤ Biopolímeros obtenidos de monómeros bio-derivados

- Aceites vegetales: La mayoría de estos aceites están compuestos por triglicéridos, que son moléculas altamente funcionales y son usados en el proceso de síntesis de los biopolímeros. Entre ellos se encuentran la linaza, soja, palma, higuera y girasol. Algunos ejemplos de polímeros preparados a base de aceites de triglicéridos son las poliamidas, resinas acrílicas, poliésteres, etc.
- Poli (ácido láctico) (PLA): Es un polímero sintético termoplástico derivado de materias primas renovables producidos a partir del ácido láctico. El ácido láctico se produce a partir de la fermentación anaerobia de sustratos que contienen carbono. El PLA presenta propiedades de barrera ante sabores y olores, y tiene alta resistencia a grasas y aceites.

➤ Producidos directamente por organismos

- Poli(hidroxialcanoatos) (PHA): Los biopolímeros de este tipo son poliésteres sintetizados por bacterias que los acumulan como reservas de carbono y energía. Los PHA son producidos mediante la fermentación por parte de microorganismos de fuentes de carbono como desechos agroindustriales.

1.3 Técnicas de transformación de plásticos

Los autores Beltrán y Marcilla (2012), describen seis (06) principales técnicas de transformación de plásticos como la extrusión, inyección, moldeo por soplado, moldeo rotacional, moldeo por compresión y el termoconformado, los cuales se describirán a continuación:

1.3.1 Extrusión

El proceso de extrusión consiste en pasar un material fundido a través de una matriz que tiene una forma determinada para obtener el diseño deseado. Se utiliza en la industria de los plásticos para la producción continua de piezas con sección constante de materiales termoplásticos y termoestables.

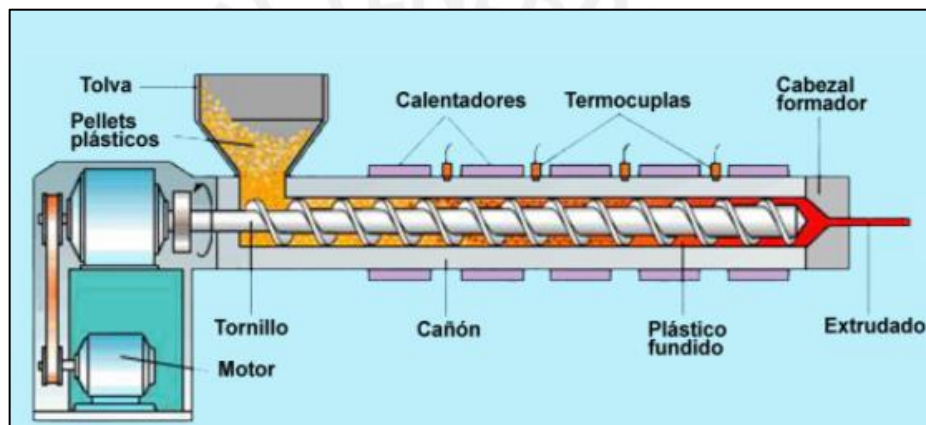


Figura 4: Extrusión de plásticos
Fuente: Tecnología de los plásticos

1.3.2 Inyección

El moldeo por inyección consiste en fundir un material plástico bajo ciertas condiciones e introducirlo en un molde aplicando presión, para luego dejarlo enfriar y poder ser retirado sin deformarse. En este proceso son importantes las características de los polímeros tales como peso molecular, cristalinidad, morfología, configuración química, entre otros. El moldeo por inyección resulta muy indicado para la producción de grandes series de piezas debido a su rapidez y al factor económico. Se fabrican por ejemplo carcasas, partes de automóvil, palanganas, etc.

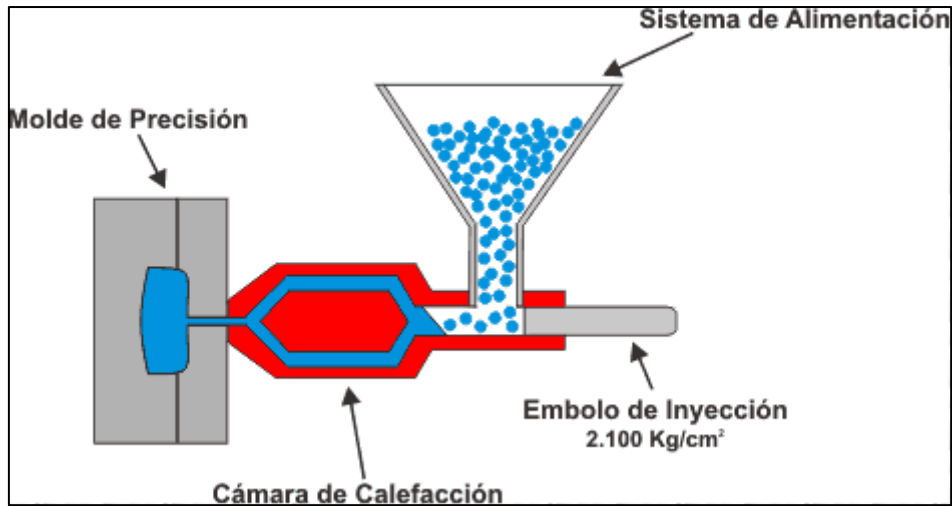


Figura 5: Inyección de plásticos
Fuente: Tecnología de los plásticos

1.3.3 Moldeo por soplado

En este proceso se pueden fabricar cuerpos huecos como bidones, botellas, depósitos de aceite, tablas de surf, entre otros. Este método, empleado únicamente en materiales termoplásticos, consiste en insuflar aire en una preforma tubular fundida localizada en el interior de un molde. Se usan principalmente una extrusora o inyectora y una unidad de soplado. El proceso consta de los siguientes pasos:

- Extrusión de la preforma.
- Introducción de la preforma en el molde de soplado.
- Introducción de aire mediante el perno de soplado.
- Enfriamiento de la pieza en el interior del molde.
- Desmoldeo

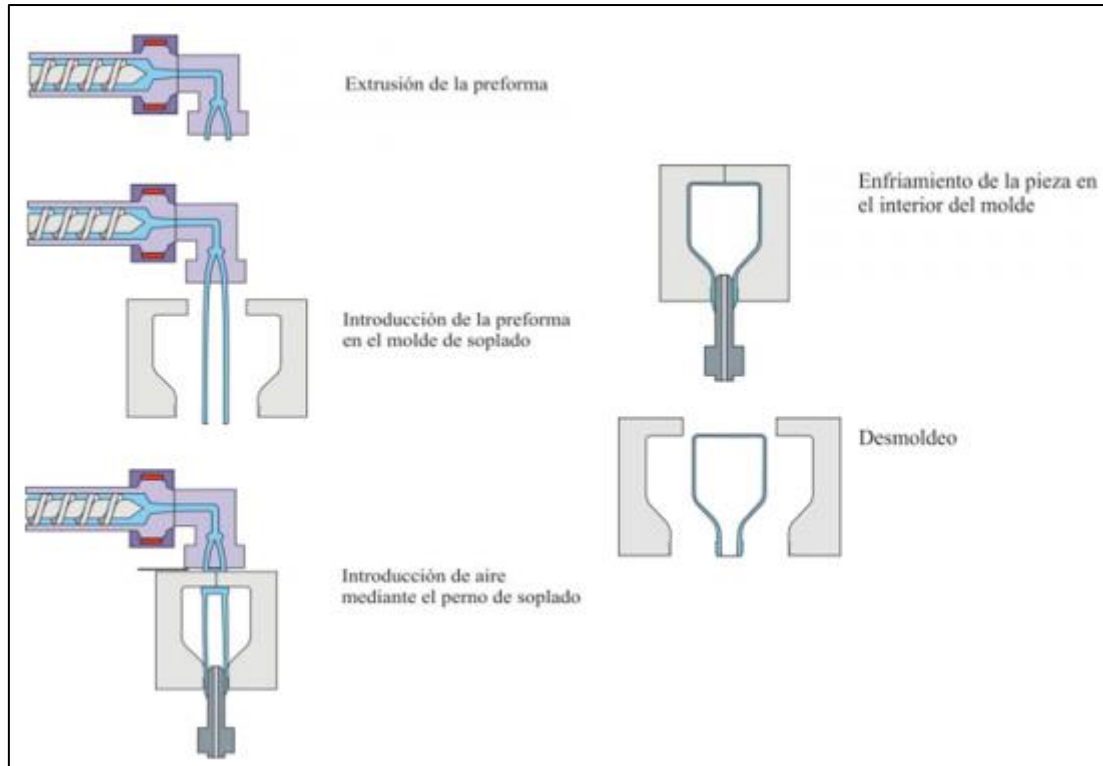


Figura 6: Moldeo por soplado
Fuente: Tecnología de polímeros

1.3.4 Moldeo rotacional

Este proceso, también llamado rotomoldeo, se utiliza principalmente para transformar plásticos que se encuentran en polvo o líquido para producir artículos huecos. Se hace fundir el plástico sobre las paredes de un molde metálico caliente que gira sobre dos ejes, para luego desmoldarlo una vez que se enfría y ha adquirido buena consistencia.

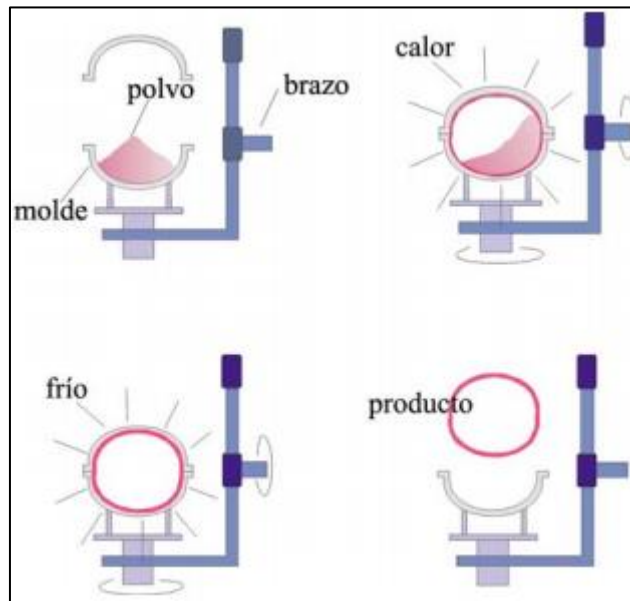


Figura 7: Esquema de rotomoldeo
Fuente: Tecnología de los polímeros

1.3.5 Moldeo por compresión

En el moldeo por compresión se trabaja con materiales termoestables. El proceso comienza colocando inserciones metálicas en el moldeo y se introduce el material, ya sea en forma de pastilla o polvo; luego, se cierra el molde caliente y se aplica presión.

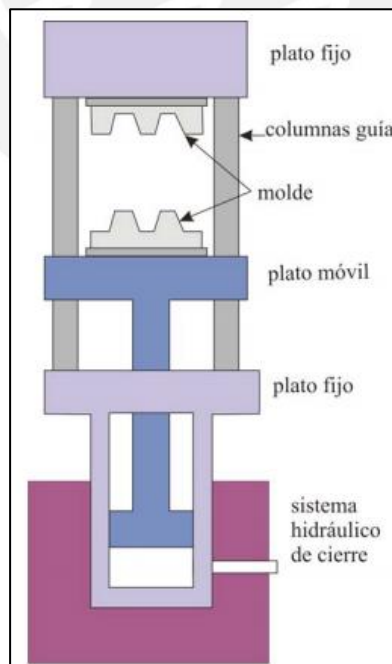


Figura 8: Prensa para moldeo por compresión
Fuente: Tecnología de los polímeros

1.3.6 Termoconformado

El termoconformado se aplica a materiales termoplásticos que se encuentran en forma de planchas o láminas. Primero se calienta el material ya sea por radiación infrarroja, convección o conducción. Luego del calentamiento se coloca encima de un bastidor aplicando presión o vacío sobre las paredes de un molde frío. Se puede apreciar dos procesos, uno negativo y otro positivo, según la cara ya sea exterior o interior de la pieza que se moldea. El termoconformado se emplea para fabricar piezas de tamaño considerable.

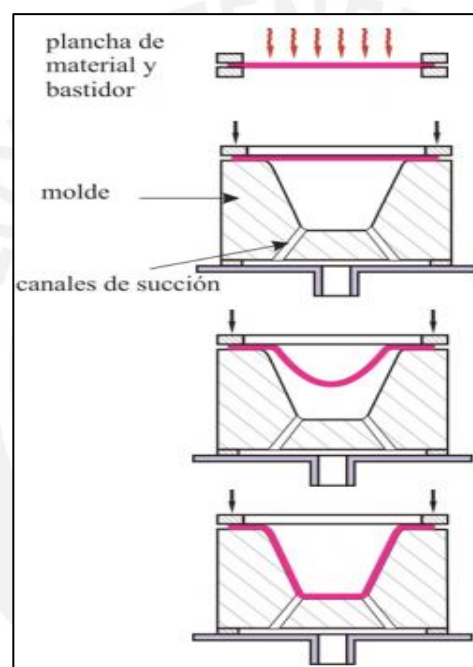


Figura 9: Proceso de termoconformado.
Fuente: Tecnología de los polímeros

1.4 Sistemas de empaques para alimentos

De acuerdo con Ríos, Álvarez, Cruz y Restrepo (2017), los empaques de productos o alimentos se pueden clasificar como primarios si están en contacto directo con el producto; y empaques secundarios, si contienen varios empaques primarios en su interior. Las principales funciones que cumplen los empaques son la de contención, protección, comodidad y comunicación. A continuación, se describirá algunos sistemas de empaques primarios:

1.4.1 Empaques de atmósferas modificadas

Como su nombre lo indica, consiste en modificar la atmósfera interna del empaque antes de ser sellado, mediante la inyección de gases como dióxido de carbono, oxígeno y/o nitrógeno. Esto se hace con el propósito de incrementar la vida útil del alimento.



Figura 10: Empaques de atmósfera modificada
Fuente: EnvaPack

1.4.2 Empaques asépticos

El envasado de alimentos se realiza en condiciones asépticas en envases que han sido previamente esterilizados, seguido de un sellado hermético con el fin de evitar el contacto con agentes del ambiente como microorganismos, vapor de agua y gases.



Figura 11: Empaques asépticos
Fuente: Communalnews

1.4.3 Empaque inteligente

Este tipo de empaques cumple funciones como la detección del riesgo microbiológico, seguimiento de la trazabilidad del producto, incremento de la vida útil del alimento, comunicar al consumidor sobre las condiciones de calidad del producto. Todo ello permite tener un mejor control, seguimiento y toma de decisiones del producto.

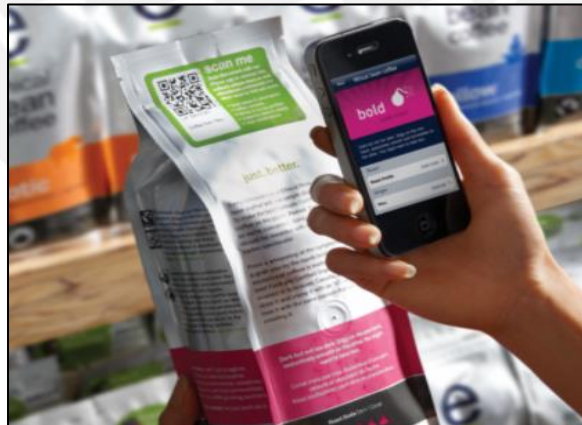


Figura 12: Empaques inteligentes
Fuente: Bioguia

1.4.4 Empaque activo

Los empaques activos tienen la capacidad de modificar las condiciones de los alimentos envasados para mejorar las propiedades sensoriales del producto y extender su vida útil.



Figura 13: Empaques activos
Fuente: Redagricola

1.5 Aplicaciones de biopolímeros en empaques

La celulosa y el almidón son los biopolímeros más comunes usados en la fabricación de empaques de alimentos, pues presentan bajos costos de producción gracias a las distintas fuentes de las que se pueden obtener. También se utilizan otros biopolímeros tales como zeína de maíz, proteína de soja, ácido poliláctico (PLA), proteína de suero de leche como recubrimiento de películas de PLA, PVA, fibroína de seda, etc.



Figura 14: Biopolímeros usados en empaques de alimentos.
Fuente: Enfoquealimentos

1.5.1 Fibroína de seda (FS)

Ríos et al. (2017), señala que la fibroína de seda es uno de los biopolímeros que tiene aplicación específica en empaques de alimentos. La FS es la proteína principal de la fibra de seda proveniente del

gusano de seda y se puede obtener mediante la disolución de la seda en soluciones salinas altamente concentradas. La aplicación en de la FS en empaques de alimentos se puede dar de las siguientes dos alternativas:

- Fibroína de seda como biomaterial: Según Ríos, Álvarez, Cruz y Restrepo (2017), en un estudio realizado por Baimark y Srihanam, se tuvo como objetivo desarrollar una biopelícula a partir de una solución de FS a la que se adicionó glucosa, para mejorar la flexibilidad y la capacidad de humectación de la misma. La morfología de las películas obtenidas fue homogénea y los resultados de las pruebas de tracción indicaron que existe una relación directamente proporcional entre la proporción de glucosa y la resistencia a la rotura del biomaterial desarrollado. La flexibilidad que le provee la glucosa a las biopelículas de FS, brinda ciertas características mecánicas que permiten que el biomaterial elaborado pueda tener potenciales usos biomédicos, farmacéuticos y aplicaciones en el desarrollo de empaques. (p.7-15).
- Fibroína de seda en empaques de alimentos funcionalizada por otros componentes: La FS al ser combinada con otros materiales o biopolímeros puede mejorar sus características físico químicas. “Por ejemplo, su efecto antimicrobiano se ve potenciado al mezclarse con extractos de uva [47], mientras que sus propiedades físicas pueden verse beneficiadas por la inclusión de plastificantes [52] o el mejoramiento de la vida útil de alimento mediante sensores con FS y nanoestructuras metálicas” (Ríos et al, 2017).
- Fibroína de seda como componente funcional: Gracias a las características que posee, la fibroína de seda usada en empaque de alimentos, puede mejorar propiedades como biodegradabilidad, permeabilidad de gases y resistencia mecánica.
- Biomateriales laminados con FS: Shrilk es un material que fue creado al realizar interacciones entre la FS y la quitina, y cuya flexibilidad puede variar de acuerdo al contenido de agua. A partir de este biomaterial se crearon multi laminados con acabados similar a la del plástico. Sus

propiedades lo convierten en un material que puede fácilmente reemplazar a polímeros sintéticos, siendo una gran opción para el desarrollo de bolsas, empaques, pañales biodegradables, etc.



CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presentarán los distintos estudios e investigaciones, a través de fichas resúmenes, sobre la aplicación de biopolímeros, ya sea de origen natural o no, en la fabricación de empaques para alimentos.

2.1 Casos de aplicaciones de biopolímeros en la fabricación de empaques para alimentos

2.1.1 Caso 1: Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables

En la tabla N°1, se presenta el primer caso de referencia, el cual desarrolla un estudio sobre los biopolímeros naturales usados en la fabricación de empaques biodegradables, mostrando su obtención y propiedades.

Tabla 1: Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables

Título	Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables.
Institución	Revista Temas agrarios Volumen 12
Presentada por	Villada, Acosta y Velasco (2007)
Objetivo del Estudio	
<i>“Conocer los diferentes biopolímeros obtenidos de diversas fuentes de recursos naturales usados en empaques biodegradables”</i>	
Metodología de Implementación	
Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos: - Mostrar una breve introducción de los empaques de alimentos. -Brindar una descripción de las fuentes de biopolímeros naturales tales como los polisacáridos, hidrocoloides, colágeno y origen bacterial. -Proponer estrategias futuras para el reemplazo de polímeros sintéticos. -Conclusiones.	
Resultados	
-Los empaques biodegradables se obtienen de recursos naturales renovables. -Este tipo de empaques resultan más amigables con el medio ambiente en comparación con los polímeros sintéticos debido a su biodegradabilidad.	

Fuente: Villada, Acosta y Velasco (2007)

2.1.2 Caso 2: Los biopolímeros como una alternativa para la elaboración de empaques agroindustriales.

En la tabla N°2, se presenta el segundo caso de referencia, cuya investigación se basa en estudiar y analizar determinados biopolímeros para la fabricación de empaques de la lechuga crespa, de tal manera que se asegure su conservación, higiene y salubridad.

Tabla 2: Biopolímeros como alternativa en la elaboración de empaques agroindustriales

Título	Biopolímeros: una alternativa para la elaboración de empaques agroindustriales.
Institución	Universidad Pedagógica y Tecnológica, Colombia.
Presentada por	Alarcón y Barajas (2013)
Objetivo del Estudio	
<i>“Evaluar las propiedades y características de biopolímeros que podrían funcionar como materia prima para la elaboración de empaques biodegradables para la lechuga crespa.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción sobre la actual forma de comercialización de la lechuga crespa en Colombia. -Explicar los tipos de biopolímeros de almidón para empaques de la lechuga crespa. -Mostrar el procedimiento experimental del estudio a través de tres (03) etapas: Caracterización, aplicación y evaluación. -Mostrar resultados del estudio -Discusión sobre descarte de biopolímeros usados en la fabricación de empaques de lechuga crespa. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> -El biopolímero obtenido del almidón de maíz se fragmenta y no se logra obtener un área mayor a 1cm x 1 cm. -Los biopolímeros obtenidos a partir del proceso de secado presentan una superficie que al ser despegada ocasiona daños como rasgaduras y agujeros. -Los biopolímeros obtenidos por medio de la fermentación, presentan bacterias activas. -Se aceptan los biopolímeros obtenidos desde la cocción y secado natural del almidón de yuca y papa. 	

Fuente: Alarcón y Barajas (2013)

2.1.3 Caso 3: Biopolímeros y su aplicación en medio ambiente

En la tabla N°3, se presenta el tercer caso de referencia, el cual muestra el rango de aplicaciones de los biopolímeros dados sus características de biodegradabilidad y la gran posibilidad de uso en diversos procesos.

Tabla 3: Aplicaciones de los biopolímeros

Título	Biopolímeros y su aplicación en medio ambiente.
Institución	Revista Colombia Biotecnol
Presentada por	Sonia Ospina
Objetivo del Estudio	
<i>“Describir las distintas aplicaciones de los biopolímeros en la elaboración de productos más amigables con el medio ambiente.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción sobre el impacto ambiental negativo que ha ocasionado la producción de desechos no biodegradables. -Descripción de biopolímeros como el polihidroxialcanoato (PHA), exopolisacáridos (EPS), entre otros, usados en la producción de empaques y otros usos 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> -Es importante el estudio y obtención de compuestos biopoliméricos para el desarrollo de nuevos productos y otras aplicaciones. -El uso de EPS en la biorremediación del medio ambiente permite controlar su desertificación. -Los empaques biodegradables con atmósfera modificada a partir de la aplicación de biopolímeros permiten el aumento de la vida útil de frutas y verduras frescas, y mantienen las características de aroma, color y frescura. 	

Fuente: Ospina (2015)

2.1.4 Caso 4: Propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón de papa.

En la tabla N°4, se presenta el cuarto caso de referencia, en el cual se analiza las propiedades físicas y químicas de un biopolímero obtenido a partir del almidón de papa. Se muestran los resultados obtenidos de la experiencia a partir de la modificación de las proporciones de aditivos; y finalmente, su viabilidad ambiental.

Tabla 4: Propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros obtenidos a partir del almidón de papa.

Título	Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa para empaques de alimentos.
Institución	Universidad de Lima
Presentada por	Arroyo y Alarcón (2015)
Objetivo del Estudio	
<i>“Analizar las propiedades físicas y químicas del biopolímero obtenido a partir del almidón de papa, de tal manera que permitan validar su funcionalidad y su aporte al cuidado ambiental”.</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción del estudio. -Descripción de las pruebas aplicadas para la obtención de polímero formulado usando almidón de papa, agua destilada, alcohol polivinílico, etanol, glicerina, hi - droxietilcelulosa, cloruro de sodio, ácido acético, ácido bórico, quitosan y goma xantana. -Resultados obtenidos a partir de la variación de proporciones de insumos. -Mostrar el estudio ambiental realizado para ver el impacto del biopolímero obtenido. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> -La muestra con el 5 % de concentración de ácido acético era la más adecuada, pues mejoraba las propiedades del biopolímero obtenido, tales como la elongación y la tracción. -Las muestras con proporciones de 10 %, 15 % y 20 % de ácido acético son de baja productividad. -Agregar 0,3 gramos de aditivos como quitosan y goma xantana en la obtención de biopolímeros, mejora en un 4% la elongación. - Los estudios realizados confirman que los biopolímeros obtenidos a partir del almidón de papa constituyen un material apropiado para su uso como empaque de alimentos. 	

Fuente: Universidad de Lima (2015)

2.1.5 Caso 5: Elaboración de envases para alimentos usando biopolímeros

En la tabla N°5, se presenta el quinto caso de referencia, el cual incluye la descripción de distintos biopolímeros usados en la elaboración de envases para alimentos como los polisacáridos, proteínas, lípidos, entre otros. Además, se brindan conceptos sobre recubrimientos para productos alimenticios y otras estructuras membranosas.

Tabla 5: Elaboración de envases para alimentos a partir de biopolímeros

Título	Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos
Institución	Revista Publicaciones e Investigación, España
Presentada por	Mónica Hernández y Boris Guzmán (2009)
Objetivo del Estudio	
<i>“Consolidar los principales biopolímeros aplicados en la agroindustria de empaques biodegradables, como también dar a conocer algunos conceptos sobre recubrimiento para productos alimenticios y otras estructuras membranosas.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Definición y clasificación de los polímeros. -Descripción de los procesos de degradación de los polímeros. -Mostrar la gama de tipos de biopolímeros usados en la elaboración de envases. -Ventajas y desventajas de este tipo de materiales. -Mostrar tendencias e innovaciones del uso de biopolímeros 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> -Se identificaron los principales biopolímeros utilizados en la industrialización de envases para alimentos, que ofrecen criterios de calidad y se descomponen rápidamente produciendo compuestos benignos al medio ambiente. - Los polihidroxicarbonos (PHA) son estables ante los rayos UV y presentan pequeña permeabilidad al agua. -El levano y el sinano presentan baja permeabilidad al oxígeno, por lo que pueden ser usados como cobertura de alimentos o en productos farmacéuticos. 	

Fuente: Revista Publicaciones e Investigación (2009)

2.1.6 Caso 6: Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas.

En la tabla N°6, se presenta el sexto caso de referencia, el cual aborda estudios relacionados al desarrollo de empaques basados en la incorporación de aditivos en matrices poliméricas, de manera que se puedan mejorar factores como la vida útil de los alimentos, mantener la calidad y controlar la actividad antimicrobiana de los mismos.

Tabla 6: Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas.

Título	Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas.
Institución	Universidad autónoma de Coahuila, México
Presentada por	Mónica Contreras Camacho (2018)
Objetivo del Estudio	
<i>“Mostrar el estudio del desarrollo de empaques basados en la incorporación de aditivos en la matriz polimérica, atendiendo a los factores más importantes sobre la vida útil de los alimentos, como la calidad y actividad antimicrobiana.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción sobre el envasado activo para el empaque de alimentos. -Mostrar los mecanismos de actuación del envasado activo. -Presentar antecedentes. -Conclusiones. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Se demostró que la actual tendencia de incorporación de aditivos, tales como agentes antimicrobianos en la matriz polimérica (empaque), es posible y verdaderamente efectiva mostrando resultados satisfactorios. -El uso de aditivos naturales, como los aceites, resultaron ser efectivos contra los microorganismos. -Es más factible el uso de empaques plásticos que de cartón para el empaque de alimentos. 	

Fuente: Universidad autónoma de Coahuila (2018)

2.1.7 Caso 7: Elaboración de películas comestibles a partir de proteínas

En la tabla N°7, se presenta el séptimo caso de referencia, en el cual se proporciona una descripción de las proteínas empleadas para la elaboración de películas comestibles, de tal manera que estas presenten buenas propiedades mecánicas y de barrera. Dichas propiedades pueden ser mejoradas, inclusive, por métodos físicos, químicos o mediante la adición de materiales hidrofóbicos u otros polímeros.

Tabla 7: Elaboración de películas comestibles a partir de proteínas.

Título	Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones
Institución	Universidad de las Américas Puebla, México.
Presentada por	Montalvo, López y Palou (2012)
Objetivo del Estudio	
<i>“Describir las distintas proteínas empleadas en la elaboración de películas comestibles, enfocando el estudio en sus propiedades y las mejoras que podrían hacerse para que sean aplicadas en alimentos.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Origen e importancia de las proteínas. -Presentación de las propiedades de las películas comestibles. -Modificaciones en las propiedades de las películas de proteínas. -Aplicaciones y usos. 	
Resultados	
<p>El ordenamiento de los aminoácidos presentes en los polímeros se ven influenciado por el tipo de proteína que se emplea. Dependiendo del tipo de proteína usada se modifican propiedades mecánicas, de solubilidad y de barrera de las películas comestibles.</p>	

Fuente: Universidad de las Américas Puebla (2012)

2.1.8 Caso 8: Recubrimiento comestible elaborado a partir de un biopolímero

En la tabla N°8, se presenta el octavo caso de referencia, donde se presenta el biopolímero tipo dextrana para la elaboración de recubrimientos comestibles de frutos como la fresa. Además, se realiza una prueba de dos métodos de recubrimiento: inmersión y aspersión, para la conservación de las fresas.

Tabla 8: Desarrollo de recubrimiento comestible a partir de un biopolímero.

Título	Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas
Institución	Universidad Nacional de Colombia
Presentada por	Diana Cristina Moncayo (2013)
Objetivo del Estudio	
“Elaborar un recubrimiento a partir de un biopolímero tipo dextrana para construir a la conservación de los productos de la cadena hortofrutícola.”	
Metodología de Implementación	
Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos: -Presentar la caracterización de recubrimientos comestibles a base de dextrana. -Elección del método de aplicación de recubrimientos en fresas. -Evaluación del rendimiento de recubrimiento comestible en frutos	
Resultados	
Dentro de las grandes bondades que brindan los recubrimientos a base de dextrana, se encuentran el incremento de la resistencia de los frutos, reducción de la pérdida de peso y disminución de la decoloración.	

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

2.1.9 Caso 9: Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos

En la tabla N°9, se presenta el noveno caso de referencia, en el cual se presenta una descripción y aplicación de filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos, con el objetivo de ser un medio de barrera para gases, vapor de agua y lípidos.

Tabla 9: Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables.

Título	Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos
Institución	Universidad del Cauca, Colombia.
Presentada por	Alba Durango, Nilda de Fátima y Margarita Arteaga (2011)
Objetivo del Estudio	
“Informar las aplicaciones de los biopolímeros en la creación de filmes y revestimientos comestibles”	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción sobre los filmes y revestimientos comestibles. -Presentación de la clasificación según su composición y/o polímero empleado de filmes y revestimientos. -Aplicaciones y usos de los filmes y revestimientos comestibles. 	
Resultados	
Dentro de los beneficios que proporciona la aplicación de filmes y revestimientos comestibles elaborados a partir de biopolímeros se encuentran las buenas propiedades mecánicas y de barrera que presentan. Además, pueden conservar las propiedades de aditivos durante su almacenamiento y manipulación.	

Fuente: Universidad del Cauca

2.1.10 Caso 10: Fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos

En la tabla N°10, se presenta el décimo caso de referencia, en el cual se presenta al biopolímero fibroína de seda para la elaboración de empaques de alimentos. La fibroína de seda puede conferirles a los materiales de empaque ciertas propiedades como resistencia a la rotura, aumento de permeabilidad de oxígeno y una mayor velocidad de degradación del biopolímero.

Tabla 10: La fibroína de seda en empaques biodegradables para alimentos.

Título	Fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos.
Institución	Ríos, Álvarez y Cruz (2017)
Presentada por	Ríos, Álvarez y Cruz (2017)
Objetivo del Estudio	
<i>“Dar a conocer la aplicación del biopolímero fibroína de seda en la elaboración de empaques para alimentos”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción. -Generalidades de los empaques. -Sistema de empaques para alimentos. -Materiales poliméricos en empaques. -Clasificación de los biopolímeros. -Aplicaciones de biopolímeros en empaques. -Método de obtención de la fibroína de seda. -Generalidades y aplicaciones de la fibroína de seda. -Fibroína de seda en empaques de alimentos -Conclusiones. 	
Resultados	
<p>En la industria de la producción de seda, todos los residuos fibrosos que se generan pueden servir de materia prima para la obtención de fibroína de seda, la cual posee propiedades especiales mecánicas y de biodegradabilidad. La FS puede transformarse en geles, esponjas, películas y otras formas que tienen gran aplicación en áreas como farmacología, cosmética, biomedicina, empaques, etc.</p>	

Fuente: Ríos, Álvarez y Cruz (2017)

2.1.11 Caso 11: Obtención de un biopolímero a base de almidón de achira

En la tabla N°11, se presenta el décimo primer caso de referencia, en el cual se describe la obtención de biopolímeros a base de almidón de achira. El almidón de achira presenta mejores propiedades físico químicas y tiene mejor resistencia a los procesos estresantes industriales que los almidones populares provenientes del maíz y trigo. Por ello, la presente investigación desarrolla una película biodegradable a partir del almidón de achira.

Tabla 11: Obtención de un biopolímero a base de almidón de achira.

Título	Obtención de un biopolímero a base de almidón de achira (<i>Canna Edulis Ker</i>) y su empleo en la conservación de frutos de arazá (<i>Eugenia Stipitata</i>)
Institución	Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
Presentada por	Delia Magdalena Shiguango Chimbo (2014)
Objetivo del Estudio	
“Obtener un biopolímero a base de almidón de achira (<i>Canna Edulis Ker</i>) y emplearlo en la conservación de frutos de arazá (<i>Eugenia Stipitata</i>).”	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción. -Revisión de la literatura: propiedades y características de biopelícula basado en almidón, conservación de frutos climatéricos, generalidades. -Materiales y métodos. -Resultados y discusión. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - El almidón de achira en comparación con otros almidones posee las características físico químicas deseadas para la elaboración de biopolímeros. - Las concentraciones óptimas de almidón fueron de 4 a 7% para obtener las características deseadas. Superior a 7%, la solución se vuelve pastosa y no se puede verter en moldes. - La concentración de plastificante tuvo un rango de 2, 4 y 6%, que al estudiarlos los biopolímeros que contienen 2% de plastificante aportaron mejores propiedades que los que contienen mayor porcentaje. -Los biopolímeros como recubrimientos actúan como barrera de gases, permitiendo la conservación por mucho más tiempo de los alimentos. 	

Fuente: Shiguango (2014)

2.1.12 Caso 12: Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados

En la tabla N°12, se presenta el décimo segundo caso de referencia, en el cual se describe la elaboración de películas y recubrimientos comestibles a partir de ingredientes funcionales y aditivos como las vitaminas, fármacos, saborizantes, antimicrobianos, colorantes y conservadores, a través de la aplicación de la nanotecnología.

Tabla 12: Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados.

Título	Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados.
Institución	Instituto Polimérico Nacional y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México.
Presentada por	Solano, Beltrán y Jiménez (2018)
Objetivo del Estudio	
<i>“Proporcionar el estudio y desarrollo de películas y recubrimientos comestibles para alimentos frescos y mínimamente procesados.”</i>	
Metodología de Implementación	
Para el desarrollo de esta investigación se realizaron los siguientes pasos: -Introducción. -Desarrollo de técnicas de elaboración. -Análisis de biodegradabilidad. -Presentación de características físicas y mecánicas de las películas y recubrimientos comestibles. -Uso de la nanotecnología en la elaboración de películas. -Usos y aplicaciones.	
Resultados	
Los polisacáridos, lípidos, proteínas y la combinación de estos, son los más usados en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles. Estos recubrimientos son capaces de controlar la atmósfera interna de los alimentos, evitar la contaminación microbiana e incrementar sus propiedades nutricionales.	

Fuente: Instituto Polimérico Nacional y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (2018)

CONCLUSIONES

- Los empaques biodegradables se obtienen de recursos naturales renovables. Este tipo de empaques resultan más amigables con el medio ambiente, en comparación con los polímeros sintéticos, debido a su biodegradabilidad.
- Los estudios realizados sobre películas y recubrimientos elaboradas a partir de proteínas, lípidos y polisacáridos, han sido realizados con el fin de determinar su efectividad, como barreras a la transferencia de gases, grasas y transferencia de masa.
- Los polisacáridos, lípidos, proteínas y la combinación de estos, son los más usados en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles. Estos recubrimientos son capaces de controlar la atmósfera interna de los alimentos, evitar la contaminación microbiana e incrementar sus propiedades nutricionales.
- Los biopolímeros como recubrimientos actúan como barrera de gases, permitiendo la conservación por mucho más tiempo de los alimentos.
- Dentro de los beneficios que proporciona la aplicación de filmes y revestimientos comestibles elaborados a partir de biopolímeros se encuentran las buenas propiedades mecánicas y de barrera. Además, pueden conservar las propiedades de aditivos durante su almacenamiento y manipulación.
- Dentro de las grandes bondades que brindan los recubrimientos a base de dextrana, se encuentran el incremento de la resistencia de los frutos, reducción de la pérdida de peso y disminución de la decoloración.
- Los empaques biodegradables con atmósfera modificada a partir de la aplicación de biopolímeros permiten el aumento de la vida útil de frutas y verduras frescas, y mantienen las características de aroma, color y frescura.

BIBLIOGRAFÍA

RÍOS, Ángel y otros

2017 “Revisión: fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos”. *Scielo*. s/1, volumen 15, número 1, pp. 7-15. Consulta: 17 de enero de 2021

<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n1/1692-8261-prosp-15-01-00007.pdf>

DURANGO, Alba, Nilda DE FÁTIMA y Margarita ARTEAGA

2011 *Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos*. s/1. Consulta: 17 de enero de 2021

<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnología/article/view/758>

ENVAPACK

El empaque con atmósfera modificada. ¿Qué es? Consulta: 17 de enero de 2021

<https://www.envapack.com/2012/09/12167/#:~:text=Que%201%3F.->

HERNÁNDEZ, Mónica y Boris GUZMÁN

2009 “Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos”. *Publicaciones e Investigaciones*. s/1, volumen 3, número 1, pp.103-129.

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigación/article/view/572>

OSPINA, Sonia

2015 Biopolímeros y su aplicación en medio ambiente. Consulta: 16 de enero del 2021

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/54295/53700>

MONTALVO, C, A, LÓPEZ y E, PALAO

2012 “Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones”. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*. s/1, volumen 6, número 2, pp. 32-46. Consulta: 16 de enero de 2021

<https://eprints.ucm.es/17857/>

REDAGRICOLA

Empaques activos: un quiebre de tendencia mundial. Consulta: 15 de enero de 2021.

<https://www.redagricola.com/pe/empaques-activos-quiebre-tendencia-nivel-mundial/>

SOLANO, Luz, Liliana ALAMILLA y Cristian JIMÉEZ

2018 “Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados”. Revista especializada en ciencias químico-biológicas. s/1, voluen2, número 21, pp. 30-42. Consulta: 15 de enero de 2021

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2018/cqbs182c.pdf>

VILLADA, Héctor, Harold ACOSTA y Reinaldo VELASCO

2007 “Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables”. Temas Agrarios s/1, volumen 2, número 2, pp. 5-13. Consulta: 14 de enero del 2021.

<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/652/768>

ARROYO, Edmundo, ALARCÓN, Hugo

2015 “Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa para empaques de alimentos”. Consulta: 14 de enero del 2021

http://200.11.53.159/bitstream/handle/ulima/3265/Arroyo_Benites_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ÁVILA, Adelaida

2017 “Polímeros”. Química de los polímeros. Consulta: 14 de enero del 2021

<http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/fisicoquimica/wp-content/uploads/2017/07/clasificacion-pol%C3%ADmeros.pdf>

VELERO, Manuel, Yamileth ORTEGÓN y Yomaira USCATEGUI

2013 “Biopolímeros: Avances y perspectivas”. Dyna. Medellín, volumen 80, número 181, pp. 171-180. Consulta 16 de enero de 2021.

<https://www-proquest-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/docview/1677423272?accountid=28391>

SHIGUANGO, Delia

2014 *Obtención de un biopolímero a base de almidón de achira (Canna Edulis Ker) y su empleo en la conservación de frutos de arazá (Eugenia Stipitata)*. Tesis de grado previo a la obtención de título de Ingeniero Agroindustrial. Ecuador: Universidad Estatal Amazónica, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Consulta: Consulta 16 de enero de 2021

<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/648/1/T.AGROIN.B.UEA.2025>

CONTRERAS, Monica

2018 “Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas”. CienciAcierta. Consulta: 16 de enero de 2021

<http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/cc56/Empaques.pdf>

BELTRÁN, Maribel, MARCILLA, Antonio

2012 “Principales técnicas de transformación de plásticos”. Tecnología de polímeros. España: Unión de Editoriales Universitarias Españolas, pp. 86-94

https://books.google.com.pe/books?id=jxilUUn4_QAC&printsec=frontcover&dq=Tecnologia+de+polimeros&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwiiXKS7y6TuAhW_GbkGHelPDXUQ6wEwAHoECAMQAQ#v=onepage&q=Tecnologia%20de%20polimeros&f=false

ALARCÓN, L. & BARAJAS, D.

2013 Biopolímeros: una alternativa para la elaboración de empaques agroindustriales. *I+D Revista de Investigaciones*, 1(1), 35-43

<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/648/1/T.AGROIN.B.UEA.2025>