



TRABAJO FIN DE GRADO

**GRADO EN
VETERINARIA**

Efectividad de la combinación de recubrimientos a base de alginato y quitosano con aceites esenciales.

Alumno: Leonardo Cánovas Seva
Tutora: Dra. Celia Almela Camañas
5º Veterinaria UCV





Leonardo Cánovas Seva



ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT.	1
1.1. Resumen.	1
1.2. Abstract.	2
2. INTRODUCCION.	3
2.1. Propiedades de los recubrimientos alimentarios.	4
2.2. Composición de los recubrimientos comestibles.	4
2.3. Diferentes tipos de polímeros empleados en la fabricación de recubrimientos alimentarios.	5
2.4. Quitosano como recubrimiento alimentario.	6
2.4.1. Obtención de quitina y su transformación en quitosano.	6
2.5. Alginato como recubrimiento alimentario.	7
2.5.1. Obtención de alginato a partir de algas marinas.	8
2.6. Aceites esenciales en la conservación de los alimentos.	8
3. JUSTIFICACIÓN.	10
4. OBJETIVOS.	11
4.1. Objetivo general.	11
4.2. Objetivos específicos.	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	12
5.1. Estrategia de búsqueda.	12
5.2. Criterios de inclusión:	12
5.3. Criterios de exclusión:	12
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
6.1. Análisis bibliométrico.	13
6.2. Resultados de los documentos seleccionados.	14
6.2.1. Resultados del papel del alginato combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.	14
6.2.2. Resultados de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de alginato combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.	18
6.2.3. Resultados del efecto de los recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.	20
6.2.4. Resultados de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales.	22



6.2.5.	Resultados del papel del quitosano combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.....	23
6.2.6.	Resultados de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de quitosano combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.....	25
6.2.7.	Resultados del efecto de los recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.	28
6.2.8.	Resultados de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales.	29
6.3.	Discusión de los documentos seleccionados.....	32
6.3.1.	Discusión del papel del alginato combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.....	32
6.3.2.	Discusión de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de alginato combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.....	33
6.3.3.	Discusión del efecto de los recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.....	33
6.3.4.	Discusión de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales.....	34
6.3.5.	Discusión del papel del quitosano combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.....	35
6.3.6.	Discusión de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de quitosano combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.....	36
6.3.7.	Discusión del efecto de los recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.	37
6.3.8.	Discusión de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales.....	38
7.	CONCLUSIONES.....	40
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
9.	ANEXOS.....	i
9.1.	ANEXO I: Figuras de Introducción.	i
9.2.	ANEXO II: Tablas de Introducción.	iii
9.3.	ANEXO III: Figuras de Resultados y Discusión.	iii



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1.- Composición expresada en % del alginato refinado a partir de algas. Fuente: (Calvo.M, et al 2021)	iii
Tabla 2.- Ecuaciones de búsqueda realizadas y resultados obtenidos con la aplicación de filtros en las bases de datos PubMed, WOS, SCOPUS y FSTA. Fuente: Elaboración propia.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1.- Consumo per cápita en España (Kg/persona) de productos de IV gama en el periodo de tiempo comprendido entre 2010-2019. Fuente: Elaboración propia.	i
Figura 2.- Orientación de las cadenas de polisacáridos en las formas polimórficas de la quitina; α -quitina; β -quitina; y γ -quitina. Fuente: (Antonino et al, 2007).	i
Figura 3.- Diagrama de flujo de extracción de quitina. Fuente: Elaboración propia. Basado en: (Pillai et al., 2009).	ii
Figura 4.- Estructura química del quitosano. Fuente: (Rodríguez Hamamura et al., 2010).	ii
Figura 5.- Efecto de diferentes concentraciones de AE hierba limón (0,1%, 0,3% y 0,5%) incorporados a recubrimientos de alginato durante el periodo de almacenamiento. Siendo uncoated: sin recubrir; EC: recubrimiento de alginato; Lg: aceite esencial de hierba de limón. Fuente: (Azarakhsh et al., 2014).	21
Figura 6.- Efecto en la luminosidad de diferentes tratamientos aplicados a manzana Golden mínimamente procesada. Fuente: (Chiabrando & Giacalone, 2015).	iii
Figura 7.- Evolución de la luminosidad durante el almacenamiento de Kiwi mínimamente procesado. Control – sin recubrir; alginato de sodio (20 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de naranja (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de limón (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de pomelo (5 g/l). Fuente: (Chiabrando & Giacalone, 2019).	22
Figura 8.- Cambios en la luminosidad de muestras recubiertas con alginato y diferentes concentraciones de AE durante 16 días de almacenamiento. Siendo EC: Recubrimiento; Thy: AE de tomillo. Fuente: (Sarengaowa et al., 2018).	23



<p>Figura 9.- Cambios en el parámetro de luminosidad de manzana recién cortada recubierta con alginato, con AE, sus compuestos activos o sin recubrimiento. Fuente: (Raybaudi-Massilia et al., 2011)</p>	<p>iv</p>
<p>Figura 10.- Cambios en la luminosidad durante el almacenamiento. Siendo ‘control’: sin recubrimiento; ‘Alginato’: Alginato sin adición de aceite esencial; E: emulsión; NE: nanoemulsión. Fuente: (Salvia-Trujillo et al., 2015).</p>	<p>25</p>
<p>Figura 11.- Efecto de las diferentes concentraciones de AE de hierba de limón con alginato en el análisis sensorial de piña mínimamente procesada. Siendo EC recubrimiento; Lg: AE de hierba de limón. Fuente: (Azarakhsh et al., 2014).</p>	<p>25</p>
<p>Figura 12.- Evolución de la firmeza durante el almacenamiento de Kiwi mínimamente procesado. Control – sin recubrir; alginato de sodio (20 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de naranja (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de limón (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de pomelo (5 g/l). Fuente: (Chiabrando & Giacalone, 2019).</p>	<p>28</p>
<p>Figura 13.- Evolución de los cambios de firmeza en manzanas recién cortadas recubiertas con alginato y AE de tomillo. Siendo EC: Recubrimiento; Thy: AE de tomillo. Fuente: (Sarengaowa et al., 2018).</p>	<p>28</p>
<p>Figura 14.- (T1) control (sin aplicación de recubrimiento); (T2) 1% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 0,5% de AE de canela; (T3) 1% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 1% de AE de canela; (T4) 2% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 0,5% de AE de canela; (T5) 2% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 1% AE de canela. Fuente: (Basaglia, 2021).</p>	<p>iv</p>
<p>Figura 15.- Evaluación sensorial de arilos de granada recubiertos con quitosano y AESH. Siendo control: sin recubrimiento; CSN: nanopartículas de quitosano; CSN-EO: nanopartículas de quitosano cargadas con AESH. Fuente: (Amiri et al., 2021).</p>	<p>33</p>
<p>Figura 16.- Evaluación sensorial en muestras de mango mínimamente procesado (sin recubrimiento (C0), con recubrimiento de quitosano (CQ), con quitosano y AE de naranja (CN) y limón (CL)). Fuente: (Rico Rodríguez et al., 2015).</p>	<p>34</p>
<p>Figura 17.- Evolución de la firmeza durante 12 días de almacenamiento con diferentes tratamientos. CS: Quitosano; RGEO: Aceite esencial de Ruta graveolens. Fuente: (Grande Tovar et al., 2019).</p>	<p>36</p>



ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AA	Ácido ascórbico	EC	Recubrimiento comestible
AC	Ácido cítrico	FSTA	Food Science and Technology Abstracts
AE	Aceite esencial	G	Ácido α -L-gulurónico
AM	Arcilla montmorillonita	h*	Tonalidad
AP	Agente antipardeamiento	HCl	Ácido clorhídrico
AERG	Aceite esencia <i>Ruta graveolens</i>	IP	Índice de pardeamiento
AESH	Aceite esencial de <i>Satureja hortensis</i>	L*	Luminosidad
C0	Control	Lg	Aceite esencial de hierba de limón
C*	Croma	M	β -D-manurónico
CaCl ₂	Cloruro cálcico	NE	Nanoemulsión
CL	Quitosano más aceite esencial de limón	NaOH	Hidróxido de sodio
CN	Quitosano más aceite esencial de naranja	OTA	Ocratoxina A
CQ	Quitosano sin adición de aceite esencial	QG	Quitosano más geraniol
CSN	Nanopartículas de quitosano	QV	Quitosano más vainillina
CSN-EO	Nanopartículas de quitosano más aceite esencial	Thy	Aceite esencial de tomillo
E	Emulsión	WOS	Web Of Science



1. RESUMEN/ABSTRACT.

1.1. Resumen.

En los últimos años ha aumentado el consumo de frutas y verduras mínimamente procesadas. El rápido deterioro que presentan estos productos hace que se busquen nuevas formas de conservación. Los recubrimientos comestibles a base de alginato o quitosano combinados con aceites esenciales podrían ser una alternativa para aumentar su vida útil. El objetivo de este trabajo fue evaluar si los recubrimientos a base de alginato o quitosano combinados con aceites esenciales mantenían las características de color y textura, retrasaban el deterioro microbiano y afectaban a los atributos sensoriales de los productos mínimamente procesados.

Se realizó una búsqueda bibliográfica narrativa en las bases de datos Web Of Science, PubMed, SCOPUS y Food Science and Technology Abstracts empleando ecuaciones de búsqueda formadas por palabras clave y el operador booleano AND. Se aplicó unos criterios de inclusión y exclusión, obteniéndose un total de 966. Tras leer el título y el abstract y eliminar duplicidades, se seleccionó 30 artículos.

La incorporación de concentraciones altas de aceites esenciales en los recubrimientos afectó de forma negativa a la luminosidad, firmeza y sabor. El empleo de agentes antipardeamiento y cloruro cálcico mejoraron los atributos de color y textura respectivamente. Los aceites esenciales resultaron útiles retardando el crecimiento microbiano, especialmente cuando se emplearon a altas concentraciones. No obstante, esto pudo afectar de forma negativa a ciertos atributos sensoriales como el sabor o el olor, enmascarando los atributos propios del producto.

Palabras clave: Recubrimiento comestible, producto mínimamente procesado, quitosano, alginato, aceite esencial, recién cortado.



1.2. Abstract.

In recent years, the consumption of minimally processed fruits and vegetables has increased. The rapid deterioration of these products leads to a search for new forms of preservation. Edible coatings based on alginate or chitosan combined with essential oils could be an alternative to increase its shelf life. The objective of this work was to evaluate if coatings based on alginate or chitosan combined with essential oils maintained the characteristics of color and texture, delayed microbial deterioration and affected the sensory attributes of minimally processed products.

A narrative bibliographic search was carried out in the Web Of Science, PubMed, SCOPUS and Food Science and Technology Abstracts databases using search equations made up of keywords and the Boolean operator AND. Inclusion and exclusion criteria were applied, obtaining a total of 966. After reading the title and abstract and eliminating duplications, 30 articles were selected.

Incorporating high concentrations of essential oils into coatings negatively affected brightness, firmness, and flavor. The use of anti-browning agents and calcium chloride improved the color and texture attributes respectively. Essential oils were useful in retarding microbial growth, especially when used at high concentrations. However, this could negatively affect certain sensory attributes such as taste or odor, masking the product's own attributes.

Keywords: Edible coating, minimally processed product, chitosan, alginate, essential oil, fresh-cut.



2. INTRODUCCION.

En los últimos años ha habido un incremento en la demanda y consumo de frutas y verduras mínimamente procesadas.

La aparición de estos productos permite a aquellos consumidores con un ritmo de vida acelerado y que disponen de poco tiempo para cocinar, cubrir rápidamente sus requerimientos nutricionales diarios.

Estos productos mínimamente procesados, se conocen como productos de IV gama, y son todas aquellas frutas y verduras sobre las cuales ha tenido lugar un procesado mínimo. Dentro de este procesado se puede considerar el pelado, lavado y cortado de las mismas.

En la Figura 1 (Anexo I), se muestra la evolución del consumo per cápita (expresado por Kg/persona) en hogares españoles de frutas mínimamente procesada durante el intervalo 2010-2019 en España, a partir de datos extraídos de la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Tal y como se puede observar ha habido un notable aumento en el consumo de este tipo de productos en los años 2018 y 2019.

La principal problemática con las frutas y verduras es su rápido deterioro. Esto supone un inconveniente, pues estos productos son una parte fundamental en una dieta equilibrada y saludable, lo que ha obligado a la industria alimentaria a buscar nuevas tecnologías que sean eficaces y seguras para alargar el tiempo de vida útil estos productos (Wang et al., 2018).

Son tejidos vivos que han sufrido cambios mínimos respecto a la pieza entera sin transformar (Chien et al., 2007). Al someter estos productos a las diferentes operaciones mencionadas anteriormente, se generan unas lesiones que disminuyen la vida útil de estos con respecto a los productos enteros.

Por lo general, las frutas y verduras mínimamente procesadas tienen un tiempo de vida útil después de su procesado de unos 10 a 14 días. El periodo que puede transcurrir, desde que son procesadas hasta que finalmente llegan a los supermercados para su venta, puede ser de hasta 10 días. Los consumidores únicamente dispondrán de unos 4 días de vida útil para el consumo de estos productos, por lo que la aplicación de tecnologías de barrera es indispensable para el mantenimiento de sus propiedades (Waimaleongora-Ek et al., 2008).

Una de las tecnologías desarrolladas para suplir este problema son los recubrimientos alimentarios, los cuales se definen como la capa delgada de material que se puede consumir y



proporciona una barrera selectiva frente a los factores que participan en el deterioro de frutas y verduras, como son el oxígeno, los microorganismos y la humedad. Además, mejoran la textura y pueden actuar como portador de aditivos (Raghav et al., 2016; Montero-Calderón et al., 2008).

Además de los recubrimientos alimentarios, es necesario llevar a cabo una manipulación aséptica durante todo el proceso de producción, así como un envasado y almacenado en condiciones de temperatura y humedad relativa adecuadas (Moreira et al., 2014).

Con la utilización de los recubrimientos alimentarios, se reduce la pérdida de frutas y verduras postcosecha, teniendo una repercusión positiva sobre la economía de la industria hortofrutícola. Se ha estimado que hasta el 50% de la producción se pierde durante la cosecha, postcosecha y almacenamiento (Raghav et al., 2016).

Se ha reportado, que el uso de recubrimientos alimentarios comenzó en China en el siglo XII, cuando sumergían las frutas en cera con la finalidad de disminuir la pérdida de agua por transpiración en limones y naranjas (Raghav et al., 2016).

2.1. Propiedades de los recubrimientos alimentarios.

Los recubrimientos alimentarios que se aplican en productos que posteriormente serán ingeridos por los consumidores, han de cumplir una serie de requisitos con la finalidad de proteger la salud humana lo máximo posible.

Estos requerimientos específicos son (Dhall, 2013):

- El recubrimiento ha de ser resistente al agua.
- No ha de agotar el oxígeno ni acumular un exceso de dióxido de carbono.
- Debe reducir la permeabilidad de vapor de agua.
- Debe mantener la apariencia del producto en el tiempo, mantener la integridad estructural y transportar agentes activos como antioxidantes o vitaminas.
- No debe alterar la calidad de la fruta fresca ni generar olores indeseables.
- Debe ser de traslucido a opaco, y tolerar una presión ligera.
- Ha de ser fácil de producir y económico.

2.2. Composición de los recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles están formados a partir de 3 componentes fundamentales; el polímero, un solvente y un plastificante (Raghav et al., 2016).

En función de la concentración de cada uno de los componentes del recubrimiento, diferirán las propiedades mecánicas y de barrera del mismo.



El polímero es el componente que se encuentra en una mayor concentración en el recubrimiento comestible.

Generalmente se utiliza el agua como solvente, ya que cumple una de las características inherentes a los solventes, que es la de ser inocuos y aptos para consumo humano.

La función de los plastificantes es fundamental, ya que otorgan cierta resistencia y flexibilidad al recubrimiento, además de permitir la emulsificación de fases no miscibles. Pese a encontrarse en menor proporción, son una parte fundamental. Los más utilizados son el sorbitol y el glicerol (Valencia-Chamorro et al., 2011).

2.3. Diferentes tipos de polímeros empleados en la fabricación de recubrimientos alimentarios.

Entre los polímeros que más se utilizan para la fabricación de recubrimientos alimentarios se encuentran los siguientes:

- **Celulosa y derivados:**

La celulosa se trata de uno de los polímeros naturales que se encuentran en mayor abundancia en la naturaleza. Las propiedades de barrera que ofrece dependen en mayor medida del peso molecular de la celulosa. Es decir, a mayor peso, la propiedad de barrera es mayor.

- **Almidón y derivados:**

El almidón es el polisacárido más común. Se obtiene a partir de cereales pertenecientes a la familia *Poaceae*, tales como arroz, trigo y maíz (Raghav et al., 2016)

- **Pectina:**

La pectina se trata de un componente de la fibra vegetal. Es un polisacárido aniónico complejo formado por residuos de ácido α -D-galacturónico.

Los recubrimientos a base de pectina tienen excelentes propiedades mecánicas. Sin embargo, presentan una baja tasa de transpiración, por lo que su uso está indicado en aquellos alimentos con un bajo contenido en humedad (Kocira et al., 2021).

- **Zeína de maíz:**

La zeína son proteínas obtenidas del maíz. Se caracteriza por tener buenas propiedades para la formación de películas y revestimientos. Previene cambios colorimétricos, cambios en la



textura y prolonga la vida útil de los productos en los que se aplica. A diferencia de la pectina, tiene excelentes propiedades barrera frente a la humedad. (Raghav et al., 2016)

2.4. Quitosano como recubrimiento alimentario.

El término "quitosano" describe un grupo heterogéneo de polímeros combinando un conjunto de características fisicoquímicas y biológicas, que permiten una amplia gama de aplicaciones (Raafat & Sahl et al., 2011).

Se obtiene a partir de la quitina, la cual se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza. La quitina forma parte del exoesqueleto de crustáceos e insectos y también se presenta en hongos.

En la actualidad, la principal fuente de obtención de quitosano es a partir del exoesqueleto de crustáceos, entre los que se incluyen la langosta, cangrejo y el camarón. En la industria pesquera, los residuos generados tras el procesado del marisco son empleados en la extracción de quitina, estimándose que la cantidad de quitina en estos residuos llega a 120.000 toneladas (Pillai et al., 2011).

El quitosano se ha convertido en un compuesto apreciado dentro de la industria hortofrutícola debido a que ofrece una acción fungicida y de activación de los tejidos de defensa vegetales. Además, permite alargar la vida útil y frenar la descomposición de frutas y verduras. Es un compuesto no tóxico por lo que a lo largo de los años ha sido añadido a diferentes frutas como fresas, melocotones, uvas y ciruelas (Raafat & Sahl et al., 2011).

2.4.1. Obtención de quitina y su transformación en quitosano.

Una de las principales fuentes de obtención de quitosano es a partir de la quitina. Su extracción se puede realizar tanto por medios enzimáticos como químicos. Existe una preferencia en la utilización de medios químicos debido a su bajo coste y la posibilidad de producción en masa (Muxika et al., 2017)

Existen tres formas polimórficas de la quitina tal y como se observa en la Figura 2 (Anexo I), α -quitina; β -quitina; y γ -quitina. La α -quitina, corresponde a una célula muy compactada, formada por láminas dispuestas de forma alterna de manera paralela y antiparalela. La β -quitina presenta cadenas de polisacáridos dispuestas en forma paralela y las fuerzas intermoleculares son mucho más débiles que las que se encuentran entre las cadenas de α -quitina; y la γ -quitina, con una disposición de dos hojas paralelas y una antiparalela (Hamed et al., 2015).



De estas configuraciones, la más abundante en la naturaleza es la α -quitina, siendo la más estable.

A pesar de que la quitina es abundante y tiene características funcionales excepcionales como biocompatibilidad, bioactividad, biodegradabilidad o alta resistencia mecánica, tiene una utilidad limitada debido a su escasa solubilidad. Esto hace que la quitina sea un material idóneo, por lo que es sometida a un proceso industrial para así obtener el quitosano, el principal derivado de la quitina (Muxika et al., 2017).

La extracción química de la quitina se basa en tres pasos fundamentales: desmineralización, desproteínización, y decoloración.

El primer paso es procesar la materia prima, llevando a cabo un proceso de desmineralización con un tratamiento a base de ácido clorhídrico (HCl), para eliminar los componentes minerales. A continuación, se produce una desproteínización, mediante el uso de hidróxido de sodio (NaOH). Por último, la decoloración se realiza si se desea obtener un producto incoloro, a través de un tratamiento alcalino (Hamed et al., 2015).

En la Figura 3 (Anexo I) se muestra el diagrama de flujo que muestra las etapas empleadas en la extracción de la quitina.

El quitosano es obtenido sometiendo a la quitina a una desacetilación alcalina.

El grado de desacetilación se define como la ratio de D glucosamina/N-acetil-D-glucosamina, la cual aumenta a medida que la quitina se convierte en quitosano. Si la cantidad de N-acetil-D-glucosamina es mayor que la glucosamina, se trata de quitina. Sin embargo, cuando la cantidad de D-glucosamina supera el 50% se obtiene quitosano (Muxika et al., 2017; Hamed et al., 2016).

El quitosano, a diferencia de la quitina, es soluble en agua, debido a la presencia de cargas positivas en sus grupos amino (Figura 4; Anexo I), esto hace posible la aplicación del mismo en una amplia gama de productos (Rodríguez Hamamura et al., 2010).

2.5. Alginato como recubrimiento alimentario.

El alginato fue aislado por primera vez en el año 1881 convirtiéndose en un producto multifuncional, siendo utilizado en una amplia gama de campos. La producción comercial de este comenzó en la década de los años 20 en los Estados Unidos (Calvo, 2021).



El alginato se usa ampliamente en la industria alimentaria adoptando funciones de espesante, emulsionante o estabilizante (Martău et al., 2019). También es empleado en el sector textil y farmacéutico. (Pandit et al., 2019).

El alginato es un producto natural, obtenido especialmente a partir de diferentes géneros de las conocidas como algas pardas, *Laminaria hyperborean* y *Macrocystis pyrifera*. También, pero en menor proporción de algunas bacterias, como *Azotobacter vinelandii* o *Pseudomona aeruginosa* (Senturk Parreidt et al., 2018).

El alginato cumple una función estructural, brindando resistencia y flexibilidad simultáneamente. Se trata de un copolímero lineal, consistente en unidades de los ácidos β -D-manurónico (M) y α -L-gulurónico (G), unidos por enlaces glicosídicos 1-4 y dispuestos de manera homo- y heteropolimérica (Pandit et al., 2019).

Según la secuencia de unión de los monómeros se pueden encontrar diferentes formas de enlace glicosídico, el bloque GG, el bloque MM y el bloque MG formado por la alternancia de estos monómeros. La distribución de estos bloques va a depender en gran medida de la fuente de alginato empleada (Ore B. et al., 2020). De la misma manera, la localización de estos bloques determina las propiedades fisicoquímicas del alginato obtenido.

En la Tabla 1 (Anexo II), se puede observar la composición del alginato refinado a partir de las algas que principalmente se emplean para su obtención.

2.5.1. Obtención de alginato a partir de algas marinas.

(Ore et al., 2020) llevaron a cabo una extracción de alginato a partir de *Macrocystis pyrifera*. Se tomaron 50 gramos del alga pulverizada, y la sometieron a un tratamiento con n-hexano para llevar a cabo un desengrasamiento. A continuación, se colocó el alga desengrasada en una mezcla de etanol/formaldehído 4:1 durante 72 horas y se realizó un proceso de extracción alcalina, adicionando carbonato de sodio al 3% a 90°C durante 4 horas. En este caso, la purificación se realizó mediante el método de alginato de calcio (Ore et al., 2020).

2.6. Aceites esenciales en la conservación de los alimentos.

Los aceites esenciales (AE) son metabolitos secundarios de las plantas aromáticas, utilizados en gran variedad de industrias, como puede ser la cosmética, medicamentos y alimentaria (Ju et al., 2019).



Los AE son agentes naturales con actividad antioxidante y antimicrobiana (Adelakun et al., 2016).

El uso de los AE se remonta al antiguo Egipto por sus propiedades plaguicidas. En la actualidad las investigaciones no se centran únicamente en su poder antimicrobiano, sino que también se centra en sus propiedades biológicas tales como; antitumorales, analgésicos, insecticidas, antidiabéticas y antiinflamatorias. Las sustancias que componen los AE pueden ser extraídas de diferentes partes de la planta aromática, como flores, raíces, frutas, semillas, madera, resina e incluso rizomas (Ceballos Toro & Londoño Giraldo, 2017).

Tanto la composición, como las propiedades fisicoquímicas de los AE se ven influenciadas por una gran variedad de factores, entre los que se encuentran, la especie de planta empleada para la extracción de los mismos, el tipo de extracción, la localización geográfica, el momento de la cosecha, así como la etapa de desarrollo de la planta (Ribeiro-Santos et al., 2017).

En cuanto a la composición de los AE, estos se encuentran formados por un 95% de compuestos volátiles, constituidos por monoterpenos e hidrocarburos sesquiterpénicos, así como sus derivados oxigenados; alcoholes, aldehídos alifáticos, ésteres, éteres, cetonas y fenoles (Ceballos Toro & Londoño Giraldo, 2017; Adelakun et al., 2016).

El 5% restante constituye compuestos no volátiles, hidrocarburos, ácidos grasos, carotenoides, ceras y flavonoides (Adelakun et al., 2016).

La principal problemática de los AE es su alta volatilidad, esto supone un inconveniente debido a que puede transmitir olores a los envases empleados o recubrimientos. El olor transmitido es directamente proporcional a su cantidad, por lo que adicionarlos en grandes cantidades supone un factor limitante para la industria.

Adicionándolos en cantidades pequeñas (25%) no se produce un efecto perjudicial en la percepción del olor o en la aceptabilidad del producto según Tonguanchan 2014.

A continuación, se citan otros inconvenientes de los AE (Ceballos Toro & Londoño Giraldo, 2017):

- Reactividad y baja solubilidad
- Disponibilidad de materia prima
- Mecanismo de acción desconocido



3. JUSTIFICACIÓN.

En los últimos años se ha observado un incremento en el consumo de frutas y verduras mínimamente procesadas. La industria alimentaria se ha visto en la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de conservación.

Los recubrimientos alimentarios mejoran las propiedades mecánicas y prolongan la vida útil a través del control de microorganismos.

Las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de los aceites esenciales pueden ser útiles para retardar el deterioro de los alimentos

El efecto combinado de ambos podría constituir una alternativa en los métodos de conservación de alimentos.



4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general.

El objetivo general de la presente revisión bibliográfica narrativa es conocer el efecto combinado del quitosano o el alginato con aceites esenciales como métodos de conservación de las propiedades organolépticas y microbiológicas de productos mínimamente procesados.

4.2. Objetivos específicos.

1. Definir el papel protector del quitosano o alginato combinado con aceites esenciales en las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.
2. Valorar el efecto de la aplicación de estas combinaciones sobre la textura de los productos mínimamente procesados en los que se aplica.
3. Evaluar el grado de aceptación a nivel sensorial de esta forma de conservación alimentaria.
4. Determinar el poder antimicrobiano de estas combinaciones.



5. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica de artículos científicos relacionados con la aplicación de recubrimientos alimentarios a base de quitosano y alginato combinados con aceites esenciales en productos mínimamente procesados.

5.1. Estrategia de búsqueda.

La búsqueda y selección de los estudios de investigación se realizó en las siguientes bases de datos; PubMed, Web Of Science (WOS), SCOPUS y FSTA: Food Science and Technology Abstracts.

El operador boleano empleado para la realización de la búsqueda fue ('AND'). Los descriptores MeSH en inglés empleados a través de la plataforma DeCS para la realización de la búsqueda fueron; ('Edible coating') AND ('Minimally processed product'), ('Chitosan') AND ('Minimally processed product'), ('Alginate') AND ('Minimally processed product'), ('Chitosan edible coating') AND ('Minimally processed product'), ('Alginate edible coating') AND ('Minimally processed product'), ('Chitosan edible coating') AND ('Essential oil'), ('Alginate edible coating') AND ('Essential oil'), ('Edible coating') AND ('Essential oil') AND ('Fresh-cut'), ('Alginate edible coating') AND ('Essential oil') AND ('Fresh-cut'), ('Chitosan edible coating') AND ('Essential oil') AND ('Fresh-cut').

5.2. Criterios de inclusión:

Los criterios de inclusión tenidos en cuenta fueron los siguientes:

- i. Estudios científicos en los que el quitosano y el alginato fueron combinados con aceites esenciales en productos mínimamente procesados
- ii. Ensayos experimentales llevados a cabo en los últimos 10 años (2011-2021).
- iii. Artículos escritos en inglés, castellano o portugués.

5.3. Criterios de exclusión:

Los criterios de exclusión tenidos en cuenta fueron los siguientes:

- i. Estudios donde el quitosano y el alginato fueron combinados con aceites esenciales, pero no aplicados en productos mínimamente procesados.
- ii. Revisiones bibliográficas.
- iii. Artículos cuyo acceso no fue posible.
- iv. Artículos que no estén escritos en inglés, castellano o portugués.



6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis bibliométrico.

Los resultados de la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión en las ecuaciones de búsqueda se presentan en la Tabla 2. Se obtuvieron 966 artículos totales, 106 correspondientes a la base de datos PubMed, 506 a WOS, 308 a SCOPUS y 46 a FSTA.

Tras la lectura del título y abstract se eliminaron 828 artículos ya que no respondían a los objetivos establecidos en la revisión bibliográfica narrativa. De este modo, se obtuvieron un total de 138 artículos.

Las duplicidades halladas tanto dentro de las propias bases de datos como entre ellas fueron eliminadas, siendo 108 estudios descartados. Por tanto, se utilizaron 30 documentos científicos para llevar a cabo la revisión bibliográfica.

Tabla 2.- Ecuaciones de búsqueda realizadas y resultados obtenidos con la aplicación de filtros en las bases de datos PubMed, WOS, SCOPUS y FSTA. Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones de búsqueda	Número de resultados			
	PubMed	WOS	Scopus	FSTA
('Edible coating') AND ('Minimally processed product')	5	65	49	0
('Chitosan') AND ('Minimally processed product')	10	35	22	4
('Alginate') AND ('Minimally processed product')	6	26	16	1
('Chitosan edible coating') AND ('Minimally processed product')	1	30	17	0
('Alginate edible coating') AND ('Minimally processed product')	3	18	13	0
('Chitosan edible coating') AND ('Essential oil')	48	105	98	15
('Alginate edible coating') AND ('Essential oil')	25	126	49	12
('Edible coating') AND ('Essential oil') AND ('Fresh-cut')	5	62	29	12
('Alginate edible coating') AND ('Essential oil') AND ('Fresh-cut')	3	20	11	4
('Chitosan edible coating') AND ('Essential oil') AND ('Fresh-cut')	0	19	4	1
Número total atendiendo a la base de datos utilizada	106	506	308	46
Número total de artículos	966			
Número de artículos seleccionados	30			



6.2. Resultados de los documentos seleccionados.

Debido al aumento en el consumo de frutas y verduras mínimamente procesadas hace necesario la búsqueda de nuevas técnicas de conservación que mantenga el producto en unas condiciones óptimas.

6.2.1. Resultados del papel del alginato combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.

Las propiedades colorimétricas han de basarse en tres atributos de color: luminosidad (L^*), croma (C^*) y tonalidad (h^*). Estos tres parámetros son utilizados para analizar el grado de preservación del color en los alimentos.

La L^* es el atributo según el cual una superficie emite más o menos luz (Talens, 2017).

(Azarakhsh et al., 2014) estudiaron diferentes concentraciones de AE de hierba limón en recubrimientos de alginato, a los que añadieron cloruro cálcico ($CaCl_2$), ácido ascórbico (AA) y ácido cítrico (AC).

La L^* de las muestras tratadas y no tratadas fueron evaluadas durante 16 días. Tal y como se observa en la Figura 5, las muestras tratadas con alginato mantuvieron mejor este parámetro durante todo el periodo de almacenamiento. Esto lo asociaron a la presencia de AA y AC (agentes antipardeamiento) en estas fórmulas. Todas las muestras recubiertas resultaron significativamente efectivas en el mantenimiento de la L^* . No obstante, la utilización de la mayor concentración de AE (0,5%) dio lugar a una mayor reducción de la misma

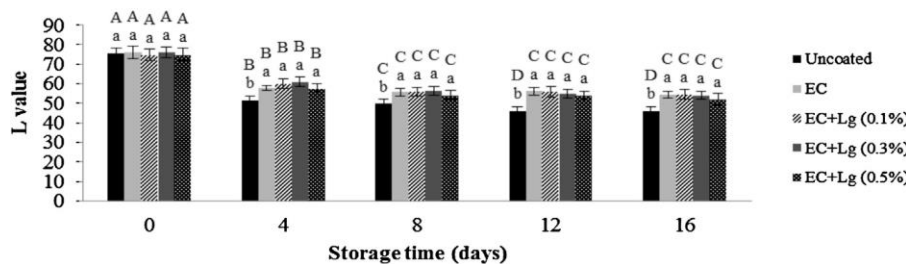


Figura 5.- Efecto de diferentes concentraciones de AE hierba limón (0,1%, 0,3% y 0,5%) incorporados a recubrimientos de alginato durante el periodo de almacenamiento. Siendo uncoated: sin recubrir; EC: recubrimiento de alginato; Lg: aceite esencial de hierba de limón. **Fuente:** (Azarakhsh et al., 2014).

(Chiabrando & Giacalone, 2015) emplearon los AE de canela y romero en recubrimientos de alginato en trozos de manzana Golden que posteriormente fueron almacenados a 0°C durante 10 días.



Los tratamientos empleados fueron: recubrimiento de alginato, alginato más agentes antipardeamiento (AP), alginato + AP + AE de canela (0,3% v/v) y alginato + AP + AE de romero (0,3% v/v). Como AP se usó ascorbato cálcico.

Como se observa en la Figura 6 (Anexo III), las muestras con únicamente con alginato y con alginato más AE de canela presentaron una reducción de la L*. Únicamente las muestras recubiertas con alginato más AE de romero o alginato más el agente AP fueron eficaces en el mantenimiento de este atributo durante el almacenamiento.

(Chiabrando & Giacalone, 2019), investigaron el papel de los AE de limón, naranja y pomelo, incorporados en un recubrimiento comestible de alginato sódico, que fue aplicado a Kiwi mínimamente procesado almacenado a 0°C durante 7 días.

En la Figura 7 se observa que la aplicación de los AE no tuvo ningún efecto significativo sobre la L* en comparación con las muestras no tratadas a los 7 días de almacenamiento. Los mejores resultados se obtuvieron en muestras recubiertas con alginato más AE de limón a concentraciones de 5 g/l. Esto lo asociaron a un aumento en la opacidad de las muestras con AE debido a la agregación de gotas de aceite durante el secado tras la aplicación del recubrimiento, disminuyendo la absorción de la luz.

	Lightness L*					
Control	57.03 ± 4.77 ^{aA}	56.26 ± 2.77 ^{aA}	55.43 ± 4.13 ^{aA}	52.00 ± 3.42 ^{aB}	50.39 ± 3.31 ^{aB}	50.85 ± 3.04 ^{aB}
Alginate	57.03 ± 4.77 ^{aA}	53.85 ± 5.34 ^{bB}	49.45 ± 6.78 ^{bB}	49.77 ± 4.96 ^{bB}	48.37 ± 3.41 ^{bB}	48.23 ± 5.57 ^{bB}
Orange	57.03 ± 4.77 ^{aA}	49.38 ± 4.73 ^{bB}	48.13 ± 4.16 ^{bB}	48.86 ± 5.01 ^{bB}	50.09 ± 2.47 ^{aB}	47.67 ± 4.87 ^{bB}
Lemon	57.03 ± 4.77 ^{aA}	52.55 ± 3.48 ^{bB}	52.87 ± 3.75 ^{bB}	52.32 ± 5.29 ^{aB}	51.20 ± 2.85 ^{aB}	51.51 ± 2.68 ^{aB}
Grapefruit	57.03 ± 4.77 ^{aA}	53.38 ± 2.74 ^{bB}	52.19 ± 5.84 ^{bB}	49.24 ± 3.12 ^{bB}	47.69 ± 4.18 ^{bB}	48.84 ± 3.76 ^{bB}

Figura 7.- Evolución de la luminosidad durante el almacenamiento de Kiwi mínimamente procesado. Control – sin recubrir; alginato de sodio (20 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de naranja (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de limón (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de pomelo (5 g/l). **Fuente:** (Chiabrando & Giacalone, 2019).

(Sarengaowa et al., 2018), estudiaron el efecto de diferentes AE incorporados en un recubrimiento de alginato sódico para la conservación de manzana Fuji recién cortada. Para la formación del gel se añadió CaCl₂, AA y AC.

Los resultados indicaron que la L* de las piezas no tratadas disminuyó significativamente durante los 16 días de almacenamiento a 4°C. Esta reducción fue menor en aquellas que estaban recubiertas con alginato sódico, y también las que el recubrimiento contenía alginato sódico más AE de tomillo a unas concentraciones de 0,5 µL/mL. El empleo de dosis altas por encima de 3,5 µL/mL de AE de tomillo indujeron un efecto fitotóxico en la fruta disminuyendo significativamente su L* a partir del 8º día de almacenamiento.



Tal y como se observa en la Figura 8, los mejores resultados, se obtuvieron en aquellas muestras tratadas únicamente con recubrimiento comestible a base de alginato, esto lo asociaron a que los componentes del recubrimiento (AA y CaCl_2) son AP.

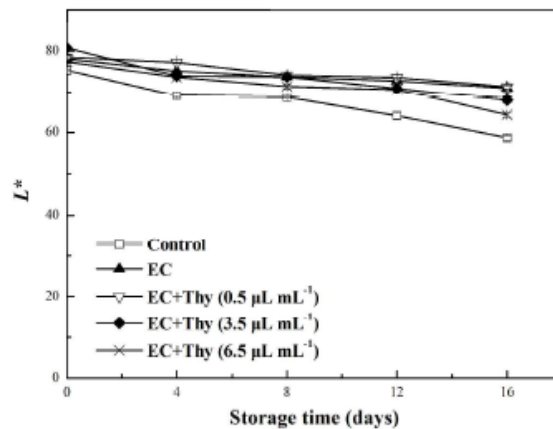


Figura 8.- Cambios en la luminosidad de muestras recubiertas con alginato y diferentes concentraciones de AE durante 16 días de almacenamiento. Siendo EC: Recubrimiento; Thy: AE de tomillo. **Fuente:** (Sarengawa et al., 2018).

(Guerreiro et al., 2017) evaluaron el índice de antipardeamiento de los recubrimientos de alginato junto con eugenol al 0,1% y eugenol al 0,1% más citral 0,15%. El eugenol se puede encontrar en los AE de clavo, canela, albahaca, etc. (Barboza et al., 2018), mientras que el citral forma parte del AE de naranja (Wang et al., 2019).

Para inducir la formación del gel se añadió CaCl_2 y se adicionó AA, AC y clorito de sodio como AP.

Los resultados determinaron que las frutas no tratadas obtuvieron mayores valores de índice de pardeamiento (IP) que aquellas tratadas. Las muestras recubiertas únicamente con alginato exhibieron los mejores resultados. Las frutas recubiertas con alginato y con AE obtuvieron mayor puntuación de IP, pero por debajo de las muestras control (sin recubrimiento).

(Tabassum & Khan, 2020) emplearon recubrimientos de alginato junto con AE de orégano y tomillo en concentraciones de 0,5mL, 1mL y 2mL en papaya mínimamente procesada.

Midieron la L^* a los 12 días de almacenamiento, siendo más baja en la pieza recubierta con alginato más AE de orégano. Esto lo relacionaron con la utilización de altas concentraciones de este AE. Además, señalaron que este parámetro decrece cuanto más madura es la fruta en el momento de la manipulación.



(Raybaudi-Massilia et al., 2011) realizaron un estudio usando AE de canela, clavo y de hierba de limón y sus correspondientes principios activos, cinamaldehído, eugenol y citral, incorporados en un recubrimiento a base de alginato en manzanas Fuji mínimamente procesadas. Como AP emplearon N-acetil-cisteína y glutatión.

En el día 0, no hubo diferencias significativas de L^* en todas las muestras. A partir de los 14 días de almacenamiento, se observó una notable reducción de este atributo, en aquellas piezas tratadas con alginato junto con AE de limón (0,3 o 0,5 % v/v), AE de clavo (0,7% v/v) y eugenol (0,5% v/v) en comparación con el resto de las muestras, incluyendo las piezas no recubiertas, tal y como se observa en la Figura 9 (Anexo III). La pérdida de L^* fue menor al añadir N-acetilcisteína o glutatión pues actuaron como agentes antipardecimiento.

(Guerreiro et al., 2016) llevaron a cabo una investigación sobre recubrimientos comestibles a base de alginato de sodio al 1% (p/v) y pectina al 2% (p/v) enriquecidos con eugenol y citral en manzanas recién cortadas de la variedad 'Bravo Esmolfe'. Las manzanas cortadas fueron sumergidas en CaCl_2 para inducir la formación del gel.

La aplicación de AE al recubrimiento no tuvo un efecto significativo en el mantenimiento de la L^* en comparación con las muestras control (sin recubrimiento). Las tratadas con AE presentaron un menor valor de este atributo, a excepción de aquellas en las que se empleó eugenol al 0,1%. Las muestras recubiertas con alginato más citral al 0,3% o alginato más eugenol al 0,2% exhibieron un menor valor de este atributo en comparación con las muestras control.

(Salvia-Trujillo et al., 2015) analizaron el efecto de los recubrimientos comestibles a base de alginato con emulsiones o nanoemulsiones de AE de hierba de limón en concentraciones de 0,1%, 0,5% y 1% sobre los parámetros de calidad de la manzana mínimamente procesada de variedad Fuji. Los valores de L^* se mantuvieron constantes en aquellos trozos de manzana no recubiertos o recubiertos únicamente con alginato de sodio durante 15 días de almacenamiento, tal y como se observa en la Figura 10. Los trozos de frutas recubiertas con alginato más nanoemulsiones o emulsiones a concentraciones de 0,1% también mantuvieron este parámetro con el tiempo. Los trozos que contenían AE de hierba de limón a concentraciones superiores de 0,1% presentaron una disminución gradual de la L^* durante el almacenamiento.

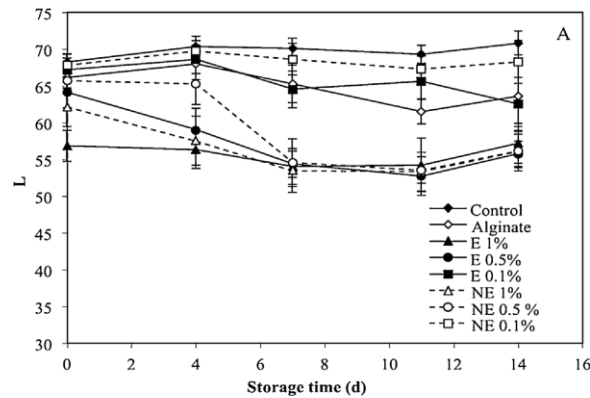


Figura 10.- Cambios en la luminosidad durante el almacenamiento. Siendo ‘control’: sin recubrimiento; ‘Alginate’: Alginate sin adición de aceite esencial; E: emulsión; NE: nanoemulsión. **Fuente:** (Salvia-Trujillo et al., 2015).

6.2.2. Resultados de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de alginato combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.

(Azarakhsh et al., 2014) realizaron un análisis sensorial en trozos de piña recubiertos con alginato combinado con diferentes concentraciones de AE de hierba limón (0,1%,0,3% y 0,5%). En esta evaluación participaron 30 personas, a las que se les suministró cubos de piña almacenados a 10°C durante 8 días. Se evaluó color, aspecto, firmeza, olor y aceptabilidad general mediante la utilización de una escala hedónica de 9 puntos. La adición de AE de limón a concentraciones de 0,1% y 0,3% al recubrimiento de alginato no tuvo ningún efecto significativo sobre los aspectos a valorar. Sin embargo, la adición de AE de limón al 0,5% influyó negativamente en la percepción del sabor, textura y aceptabilidad por parte de los panelistas, tal y como se puede observar en la Figura 11.

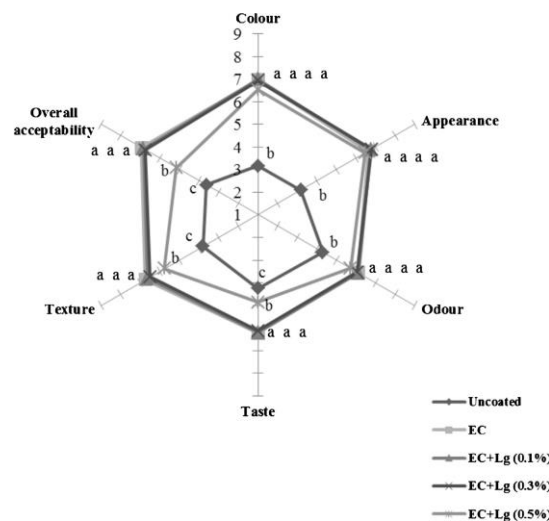


Figura 11.- Efecto de las diferentes concentraciones de AE de hierba de limón con alginato en el análisis sensorial de piña mínimamente procesada. Siendo EC recubrimiento; Lg: AE de hierba de limón. **Fuente:** (Azarakhsh et al., 2014).



(Chiabrando & Giacalone, 2019) adicionó AE de limón, naranja y pomelo a lo recubrimientos de alginato sódico, que fue aplicado sobre kiwi mínimamente procesado. Cinco panelistas entrenados realizaron un examen visual de las piezas. Se utilizó una escala que comprendía desde un valor de 1 (Muy mala) a 9 (Excelente). Las piezas recubiertas que contenían AE de limón y naranja mantuvieron una apariencia aceptable hasta los 7 días de almacenamiento (6,2/9 y 6,8/9, respectivamente) en comparación con las muestras control (sin recubrimiento, 3/9).

(Sarengaowa et al., 2019) llevaron a cabo un análisis sensorial en manzanas recién cortadas. Se dividieron en varios grupos: no recubiertas, recubiertas con alginato y las que contenían alginato junto con AE de tomillo en diferentes concentraciones (0,05%, 0,35%, 0,65% p/v). El análisis fue realizado por un grupo de 20 panelistas que evaluaron en una escala hedónica de 9 puntos atributos como el color, sabor, textura y aceptabilidad.

Las muestras que obtuvieron las mejores puntuaciones (6,5/9) fueron aquellas que contenían alginato y AE de tomillo al 0,05%, no observándose ningún efecto negativo durante los 8 días de almacenamiento. Los trozos de fruta que contenían AE de tomillo al 0,35% y al 0,65% presentaron las peores puntuaciones (4,5/9 y 2,8/9, respectivamente).

(Tabassum & Khan, 2020) aplicaron a papaya mínimamente procesada recubrimientos de alginato 2% junto con AE de orégano y tomillo en un volumen de 0,5mL, 1,0mL y 2,0mL y se almacenaron durante 12 días a 4°C.

Los panelistas evaluaron el color, sabor, olor, jugosidad y sobre todo aceptabilidad. Las muestras sin recubrimiento mostraron signos de podredumbre a partir de la segunda semana de almacenamiento. Las muestras que contenían los AE obtuvieron las menores puntuaciones respecto al sabor y aroma. Pese a esto, todas las muestras con AE obtuvieron un valor aceptable (7 puntos sobre 9 de la escala hedónica) a excepción de las muestras en las que se empleó AE de tomillo con un volumen de 2mL.

(Santos et al., 2018) realizaron una evaluación sensorial de manzanas mínimamente procesadas tratadas con un recubrimiento comestible a base de alginato y adicionando AE de canela y nuez moscada. El panel de cata estaba formado por un total de 50 panelistas que evaluaron, color, sabor, firmeza y olor mediante una escala hedónica de 7 puntos.

Las muestras estudiadas fueron: una muestra control (sin recubrimiento, M1), una muestra recubierta con alginato más AE de canela (M2) y otra muestra recubierta por alginato más AE de nuez moscada (M3). En cuanto a la percepción del color, M2 y M3 obtuvieron las



mejores puntuaciones, debido a que el pardeamiento comenzó tras el corte en la M1. A pesar de que en este ensayo se emplearon bajas concentraciones AE de canela (0,125%) y de nuez moscada (0,250%), los panelistas fueron capaces de detectarlos tanto en el sabor como en el aroma, afectando de forma negativa a la puntuación total.

6.2.3. Resultados del efecto de los recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.

(Azarakhsh et al., 2014) estudiaron el efecto que tenían los recubrimientos de alginato junto con el AE de hierba limón, utilizando diferentes concentraciones (0,1%, 0,3% y 0,5%.) sobre la firmeza en trozos de piña. Además, para la formación del gel se añadió CaCl_2

Los resultados indicaron que las muestras que habían sido recubiertas únicamente con alginato, mantuvieron significativamente la firmeza durante los 16 días de almacenamiento a 10°C respecto al resto. Esto lo atribuyeron a menor pérdida de peso de las muestras recubiertas, así como a la adición de CaCl_2 en la formulación del recubrimiento.

La adición de AE al recubrimiento de alginato no tuvo efecto significativo cuando la concentración del AE fue de 0,1% y 0,3%. Sin embargo, la firmeza disminuyó de forma significativa en las muestras con 0,5%. Esto lo atribuyeron a que los AE a altas concentraciones afectó los tejidos celulares, aumentando la pérdida de fase acuosa y otros compuestos.

(Chiabrando & Giacalone, 2019) investigaron el efecto sobre la textura de kiwi mínimamente procesado con un recubrimiento a base de alginato sódico al que se adicionó AE de limón, naranja y pomelo. Las muestras recubiertas con alginato más AE de limón o de naranja mostraron que la textura se podía mantener significativamente durante el almacenamiento. Estos resultados fueron relacionados con la pérdida de peso de las frutas.

Tal y como se puede observar en la Figura 12, las muestras control (sin recubrimiento) mostraron los peores resultados en comparación con las recubiertas únicamente con alginato o bien junto con los AE al final del almacenamiento.



Coating	Storage time					
	0 days	1 day	2 days	3 days	6 days	7 days
	Firmness [N]					
Control	8.27 ± 1.62 ^{aA}	7.27 ± 0.93 ^{bB}	7.09 ± 0.80 ^{bB}	6.62 ± 1.12 ^{bC}	6.23 ± 1.62 ^{bC}	6.00 ± 0.42 ^{bC}
Alginate	8.27 ± 1.62 ^{aA}	7.29 ± 1.18 ^{bB}	7.08 ± 1.11 ^{bC}	6.98 ± 1.14 ^{bC}	7.51 ± 1.58 ^{bC}	6.94 ± 0.96 ^{abC}
Orange	8.27 ± 1.62 ^{aA}	8.31 ± 0.87 ^{aB}	7.99 ± 1.93 ^{aB}	7.54 ± 1.14 ^{aB}	7.81 ± 1.03 ^{aB}	7.08 ± 1.18 ^{aB}
Lemon	8.27 ± 1.62 ^{aA}	8.33 ± 0.62 ^{aB}	7.31 ± 1.98 ^{aB}	7.18 ± 1.10 ^{aB}	7.24 ± 0.98 ^{bC}	7.32 ± 1.07 ^{aC}
Grapefruit	8.27 ± 1.62 ^{aA}	7.36 ± 0.81 ^{bB}	6.84 ± 1.12 ^{bB}	6.69 ± 1.15 ^{bC}	6.84 ± 1.35 ^{bC}	6.87 ± 1.47 ^{abC}

Figura 12.- Evolución de la firmeza durante el almacenamiento de Kiwi mínimamente procesado. Control – sin recubrir; alginato de sodio (20 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de naranja (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de limón (5 g/l); alginato de sodio (20 g/l) + AE de pomelo (5 g/l). **Fuente:** (Chiabrando & Giacalone, 2019).

Chiabrando & Giacalone lo asociaron a la adición de CaCl₂ al recubrimiento de alginato, que permitiría estabilizar las membranas.

(Sarengaowa et al., 2018) también valoraron la firmeza de las manzanas recién cortadas con un recubrimiento de alginato de sodio al que se le añadió diferentes concentraciones de AE de tomillo (0,5, 3,5 y 6,5 µL/mL). El CaCl₂ fue añadido también para inducir la formación del gel.

Las piezas recubiertas con el alginato obtuvieron los mejores resultados debido a la presencia de CaCl₂ en la formulación del recubrimiento. Los trozos de manzana recubiertos con alginato más AE de tomillo 0,5 µL/mL mantuvieron bien la firmeza durante el almacenamiento.

Por otro lado, como se observa en la Figura 13, este parámetro disminuyó significativamente con la utilización de mayores concentraciones del AE (3,5 y 6,5 µL/mL). Esto fue asociado a la penetración de los AE en el tejido celular, generando cambios en la estructura que favorecen el ablandamiento de las piezas.

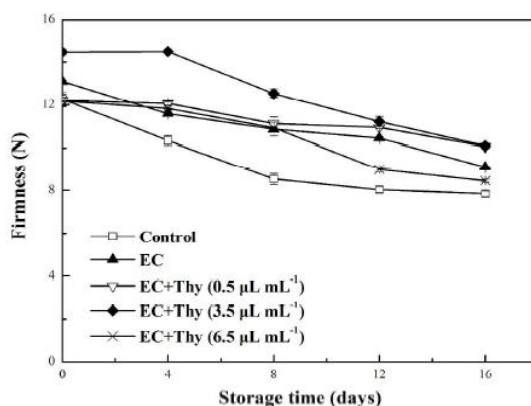


Figura 13.- Evolución de los cambios de firmeza en manzanas recién cortadas recubiertas con alginato y AE de tomillo. Siendo EC: Recubrimiento; Thy: AE de tomillo. **Fuente:** (Sarengaowa et al., 2018).



(Raybaudi-Massilia et al., 2011) aplicaron recubrimientos a base de alginato al 2% con AE de canela y limón al 0,3 y 0,7%. También se adicionó CaCl_2 . Aquellos trozos de manzana recubiertos únicamente con alginato, mantuvieron valores de firmeza elevados durante todo el periodo de almacenamiento. Por otro lado, al añadir concentraciones elevadas de AE al recubrimiento se obtuvieron peores valores de este parámetro

6.2.4. Resultados de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales.

(Azarakhsh et al., 2014) indicaron que la incorporación de AE de hierba de limón en recubrimientos de alginato redujo significativamente los recuentos de levaduras y mohos de las muestras durante el almacenamiento. Las concentraciones de AE de hierba de limón al 0,3% y al 0,5% exhibieron una mayor eficacia en comparación al 0,1%.

(Chiabrande & Giacalone, 2019), observaron que la incorporación de AE de limón, naranja y pomelo a un recubrimiento a base de alginato permitía una reducción significativa en el número de levaduras a los 7 días. El AE de naranja, consiguió una disminución de mohos estadísticamente significativa a los 7 días.

(Sarengaowa et al., 2018) estudiaron el poder antimicrobiano de recubrimientos a base de alginato enriquecidos con diferentes AE. Se observó que la actividad antibacteriana de los AE fue diferente. Los AE de canela, tomillo y orégano fueron más efectivos frente *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. El AE de tomillo exhibió el mayor efecto de inhibición a una concentración de 0,5 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

(Guerreiro et al., 2017) compararon los recubrimientos a base de alginato enriquecidos con eugenol al 0,1% y eugenol al 0,1% más citral al 0,15% con los recubrimientos a base de pectina, enriquecidos con eugenol al 0,2% y citral al 0,15%. A estos recubrimientos se les adicionó AP (AA, AC y clorito de sodio).

Los recuentos de mohos y levaduras fueron menores en las muestras recubiertas en comparación con las muestras control (sin recubrir). Los recubrimientos de alginato con bajas concentraciones de eugenol (0,1%) fueron menos eficientes en el control de mohos y levaduras que los de pectina más citral. Además, los recubrimientos de alginato resultaron ser más eficaces en el control de microorganismos mesófilos que los recubrimientos a base de pectina.

(Raybaudi-Massilia et al., 2013) estudiaron los recubrimientos de alginato enriquecido con AE de canela, palmarosa y hierba de limón. Se incorporó ácido málico a esta formulación,



para frenar el crecimiento microbiano en el melón 'Piel de Sapo' recién cortado. La utilización de AE mejoraron la vida útil del producto ya que exhibieron un menor recuento de microorganismos.

(Tabassum & Khan, 2020) evaluaron el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras en papaya mínimamente procesada que fue tratada con un recubrimiento comestible a base de alginato enriquecido con diferentes concentraciones de AE de orégano y tomillo.

Las muestras sin recubrir obtuvieron un mayor recuento microbiano a diferencia de las que contenían únicamente alginato. El menor crecimiento se observó en aquellas muestras que contenían AE.

La micotoxina ocratoxina A (OTA) es producida por hongos del género *Aspergillus*. (Kapetanakou et al., 2019) estudiaron cómo controlar el crecimiento de este hongo en peras y manzanas mínimamente procesadas mediante recubrimientos de alginato enriquecido con diferentes concentraciones de AE de canela al 0,3% y al 0,9%. El crecimiento del hongo y consecuentemente la producción de la OTA, tras la aplicación de estos AE fue minimizado. El AE de canela al 0,9% resultó más eficaz que el AE de canela al 0,3% en el control de la OTA.

(Santos et al., 2018) analizaron el efecto antimicrobiano de un recubrimiento de alginato al que se le incorporó AE de canela o AE de nuez moscada en manzanas mínimamente procesadas. Una vez fueron recubiertas, se sumergieron en una solución de CaCl_2 , AC y AA para inducir la formación del gel.

Los resultados mostraron que aquellos trozos de manzana recubiertos únicamente con alginato tuvieron una menor proliferación microbiana que el control, esto se asoció a los efectos antimicrobianos del AA y AC. Las muestras tratadas con combinaciones de alginato y AE de canela y nuez moscada, presentaron reducciones estadísticamente significativas en las poblaciones microbianas.

6.2.5. Resultados del papel del quitosano combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.

(Basaglia, 2021) analizó la L^* en recubrimientos a base de quitosano junto con AE de canela en piña mínimamente procesada almacenada durante 15 días. Utilizaron 5 muestras: una muestra control que no presentaba recubrimiento (M1), una muestra recubierta con un 1% quitosano y un 0,5 % AE de canela (M2), otra con un 1% quitosano y un 1% AE de canela (M3),



una muestra con un 2% quitosano y un 0,5% AE de canela (M4) y finalmente una muestra con un 2% quitosano y un 1% AE de canela (M5).

Los datos mostraron que el control presentó los peores resultados de L^* en el día 12 de almacenamiento. Las muestras M4 exhibieron mejores resultados al presentar una menor reducción de este parámetro.

(Amiri et al., 2021) estudiaron la evolución de la L^* en los arilos de granada al aplicarles nanopartículas de quitosano cargadas con AE de *Satureja hortensis* (AESH) durante 18 días a 5°C. Se prepararon 3 tipos de muestras: un control (sin recubrimiento, M1), otras recubiertas con nanopartículas de quitosano (M2) y las recubiertas con nanopartículas de quitosano más AESH (M3). Se almacenaron

Los resultados mostraron diferencias significativas en este parámetro entre las muestras M2 y M3. Los arilos recubiertos con M3 exhibieron una L^* significativamente superior a partir del día 12 de almacenamiento.

(Rico Rodríguez et al., 2015) evaluaron las propiedades colorimétricas del mango mínimamente procesado tras ser recubierto con quitosano y AE de limón o naranja. Los trozos de mango fueron sumergidos en AC y una solución texturizante previamente a la inmersión en quitosano y AE.

El análisis estadístico no reveló diferencias significativas en cuanto a la L^* entre las distintas muestras. Por tanto, los recubrimientos de quitosano a los que se adicionó AE de limón o de naranja evitaron el oscurecimiento del mango.

(Grande Tovar et al., 2019) estudiaron el color en la guayaba mínimamente procesada tratada con un recubrimiento a base de quitosano enriquecido con AE de *Ruta graveolens* (AERG). Se empleó quitosano al 2% y se comparó con diferentes concentraciones del AERG (0,5%, 1,0% y 1,5%).

Se reportaron diferencias estadísticamente significativas en relación con la L^* entre los diferentes tratamientos aplicados. Todos los tratamientos presentaron una disminución en el valor de este atributo, incluyendo aquellas muestras tratadas con quitosano y quitosano más AERG. Por lo que el AERG no fue capaz de evitar la reducción de este parámetro.

(Solís-Contreras et al., 2021) compararon el efecto que tenían distintos tipos de recubrimientos: quitosano (M1), goma guar (M2) y goma guar-almidón (M3) en trozos de manzanas Golden. Todos ellos fueron enriquecidos con AE de canela.



El IP se empleó para valorar el atributo de color de las muestras almacenadas durante 25 días. El parámetro aumentó gradualmente a los 0, 5, 10, 15, 20, 25 días de almacenamiento en aquellas manzanas que no habían sido recubiertas. El resto de los recubrimientos mantuvieron valores similares de IP durante los 25 días de estudio, por lo que todos se consideraron efectivos para retrasar el pardeamiento.

6.2.6. Resultados de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de quitosano combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.

(Basaglia, 2021) realizaron un análisis sensorial de la piña mínimamente procesada a la que le aplicó un recubrimiento de quitosano enriquecido con AE de canela a diferentes concentraciones. La piña se almacenó durante 15 días. Este estudio se valoró cómo afectaba la aplicación de esta combinación a la textura, color, aroma y aceptabilidad.

El panel estaba formado por 12 catadores entrenados. Se utilizó una escala en la que los valores oscilaban de 5 a 1 donde el 5 correspondía a una valoración muy buena y la 1 a una muy mala. El límite de aceptabilidad se estableció en el 3.

La puntuación de todos los atributos disminuyó conforme avanzaba el almacenamiento. El control obtuvo los peores resultados. Como se puede observar en la Figura 14 (Anexo III) que muestra los resultados del análisis, las muestras recubiertas mostraron diferencias significativas para el aroma, color y firmeza a los 5, 7 y 9 días, respectivamente. A partir del día 12 se observó la no aceptabilidad de las muestras.

Al final del almacenamiento, las muestras recubiertas con un 2% de quitosano y AE de canela al 0,5% o 1% mostraron la mejor puntuación en cuanto a textura y color. Por otro lado, el aroma obtuvo la mejor valoración al emplear un 1% o un 2% de quitosano junto con AE de canela al 0,5%.

(Alvarez et al., 2013) analizaron los atributos de color, textura y brillo en brócoli recubierto con quitosano junto con compuestos bioactivos y AE de árbol de té durante 7 días de almacenamiento

Los resultados obtenidos con el recubrimiento de quitosano más AE de árbol del té a la concentración de 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$ tras 7 días de almacenamiento, mostraron que el brócoli presentaba un mayor color y brillo. Lo mismo se observó, para muestras recubiertas únicamente con quitosano. En cuanto al sabor, no detectaron diferencias significativas entre las muestras tratadas y no tratadas.



(Amiri et al., 2021) estudiaron la evolución del sabor, color, aroma y aceptabilidad de los arilos de granada tras la aplicación de nanopartículas de quitosano cargadas con AESH. Estos arilos fueron almacenados durante 18 días.

Como se puede apreciar en la Figura 15, los tratamientos con nanopartículas de quitosano cargadas con AESH ayudaron a mantener el color, el sabor y el aroma hasta el día 12 de almacenamiento. Las muestras control y aquellas que solo fueron recubiertas con quitosano, mostraron valores similares para el color y aceptabilidad. Las muestras recubiertas solo por quitosano exhibieron menores puntuaciones para el aroma y el sabor.

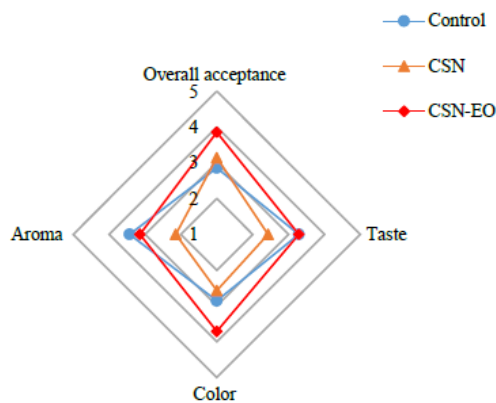


Figura 15.- Evaluación sensorial de arilos de granada recubiertos con quitosano y AESH. Siendo control: sin recubrimiento; CSN: nanopartículas de quitosano; CSN-EO: nanopartículas de quitosano cargadas con AESH. **Fuente:** (Amiri et al., 2021)

(Rico Rodríguez et al., 2015) determinaron cambios sensoriales en el mango mínimamente procesado recubierto con quitosano y AE de limón o naranja. El color de los mangos recubiertos con quitosano y AE de limón o naranja no se vio afectado. Sin embargo, se apreció un sabor a pescado en las muestras recubiertas únicamente con quitosano, esto lo atribuyeron a la concentración utilizada (2%).

Aquellas muestras en las que se empleó AE de naranja desarrollaron un sabor a fruta podrida, por lo que no se consideraron aptos para su empleo en mango mínimamente procesado. Las muestras control y las recubiertas con quitosano más AE de limón obtuvieron mejores puntuaciones en sabor, siendo las mejor valoradas por los panelistas tal y como se puede observar en la Figura 16, donde se muestra los resultados de la evaluación sensorial.

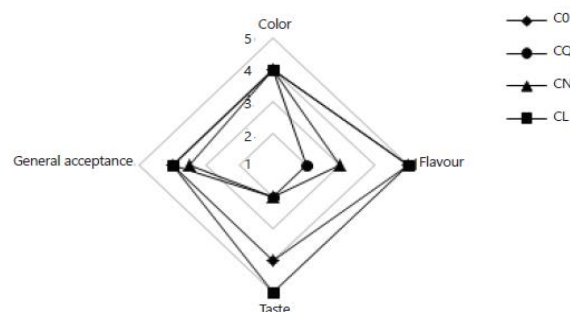




Figura 16.- Evaluación sensorial en muestras de mango mínimamente procesado (sin recubrimiento (CO), con recubrimiento de quitosano (CQ), con quitosano y AE de naranja (CN) y limón (CL)). **Fuente:** (Rico Rodríguez et al., 2015).

(Solís-Contreras et al., 2021) evaluaron los parámetros de color, olor, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad en trozos de manzana Golden recubiertas con quitosano y formuladas con AE de canela.

La evaluación sensorial se realizó a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento. En el día 0, la combinación de quitosano y AE de canela obtuvo peores puntuaciones en sabor y aceptación general. Esto lo asociaron a la presencia de quitosano que generó un sabor inaceptable de las muestras

A los 5 y 10 días hubo un mayor deterioro de los atributos, por lo que no se recomendó la combinación de quitosano más AE de canela en la extensión de la vida útil de manzanas Golden mínimamente procesadas debido al sabor generado por el quitosano.

(Bambace et al., 2019) aplicaron recubrimientos comestibles a base de quitosano más vainillina (QV) y quitosano más geraniol (QG) a arándanos. Un grupo de 10 panelistas entrenados realizó un análisis sensorial para valorar el impacto de estas combinaciones en los atributos de color, sabor, calidad visual y firmeza de los frutos.

La calidad visual y la firmeza no variaron significativamente. No obstante, los parámetros más afectados fueron el sabor y el olor. Los recubrimientos de QG presentaron las puntuaciones más bajas en cuanto a aceptabilidad y sabor. Al no existir diferencias en el sabor entre el control y las recubiertas solo por quitosano, atribuyeron la alteración del sabor en el recubrimiento QG a la presencia de geraniol.

(Chevalier et al., 2016) evaluaron color, textura, aroma y aceptabilidad general de la aplicación de recubrimientos de quitosano asociado a arcilla montmorillonita (AM) y AE de clavo en trozos de melón. Las muestras se evaluaron a los 0, 1, 3, 5 y 7 días de almacenamiento a 4°C. El día 7 de almacenamiento, el control fue el que obtuvo puntuaciones más bajas respecto al resto de tratamientos. Las piezas tratadas obtuvieron las mejores puntuaciones. Por tanto,



concluyeron que los melones recubiertos con quitosano más AE de clavo y AM mantuvieron buenas características sensoriales durante todo el almacenamiento.

6.2.7. Resultados del efecto de los recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.

(Basaglia, 2021) valoró la textura de piña recubierta con quitosano (1% y 2%) combinado con diferentes concentraciones de AE de canela (0,5% y 1%). Las muestras fueron almacenadas durante 15 días.

Los resultados mostraron que las muestras recubiertas eran más eficientes para la retención de la firmeza. Los tratamientos que contenían quitosano al 1 y 2% junto con AE de canela al 0,5% obtuvieron mayores valores de la firmeza al final del almacenamiento, en comparación a las que utilizaron una mayor concentración del AE (1%).

(Rico Rodríguez et al., 2015) estudiaron la textura de mango mínimamente procesado recubierto con quitosano y AE de limón o naranja. Previamente el mango había sido sumergido en AC y una solución texturizante. Las muestras evaluadas fueron: un control (sin recubrir), muestras recubiertas solo con quitosano, muestras con quitosano más AE de limón y muestras con quitosano más AE de naranja.

No hubo diferencias significativas entre los valores de firmeza tras aplicar los diferentes tratamientos. Únicamente el mango con AE de limón mostró una disminución progresiva de la firmeza, pero no fue significativa.

(Grande Tovar et al., 2019) utilizaron recubrimientos de quitosano al 2% y AERG que fueron aplicados en diferentes concentraciones (0,5%, 1,0% y 1,5%) en guayaba mínimamente procesada. En la Figura 17, se puede observar la evolución de la textura en función del recubrimiento empleado. A los 12 días de almacenamiento, la muestra control exhibió la menor firmeza a diferencia de la contenía únicamente quitosano, que presentó el mejor resultado en este parámetro. Para el resto de las muestras tratadas con diferentes concentraciones de AERG no se observaron diferencias significativas a los 12 días de almacenamiento.

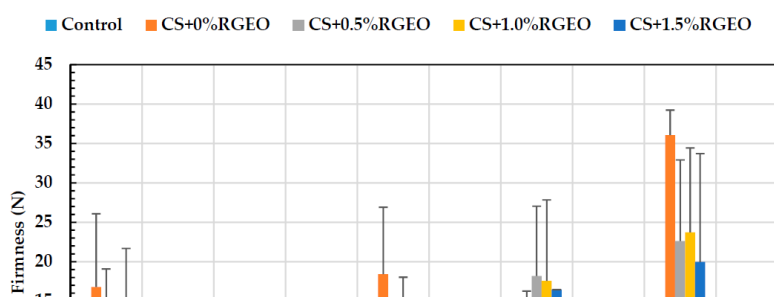




Figura 17.- Evolución de la firmeza durante 12 días de almacenamiento con diferentes tratamientos. CS: Quitosano; RGEO: Aceite esencial de *Ruta graveolens*. **Fuente:** (Grande Tovar et al., 2019).

(Solís-Contreras et al., 2021) evaluaron la firmeza de manzanas Golden recubiertas con quitosano, goma guar y goma guar con almidón y almacenadas durante 25 días. Todos ellos contenían AE de canela. La muestra control, presentó un deterioro significativo en la firmeza el día 10 de almacenamiento. El recubrimiento a base de quitosano con AE de canela evitó el ablandamiento de los tejidos de manera más eficiente en comparación con los otros dos recubrimientos empleados. Este efecto se mantuvo hasta los 20 días del período de almacenamiento.

(Moreira et al., 2014) aplicaron a trozos de melón un recubrimiento comestible en el que se había incorporado en una matriz de quitosano b-ciclodextrina y trans-complejo cinamaldehído microencapsulados. Los melones se sumergieron en las soluciones de quitosano, de CaCl_2 y de pectina durante 2 minutos en cada una. Las muestras se almacenaron durante 15 días.

Las muestras control mostraron una disminución significativa al final del periodo estudiado, mientras que las muestras tratadas se mantuvieron más firmes.

6.2.8. Resultados de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales.

(Randazzo et al., 2016) estudiaron el efecto de 8 tipos de AE obtenidos de diferentes frutas cítricas (limón, mandarina y naranja) frente a 76 cepas de *Listeria monocytogenes*. Estos AE se incorporaron a recubrimientos a base de quitosano y de metilcelulosa.

Todos los AE exhibieron buenos resultados frente a *Listeria monocytogenes* tanto en los recubrimientos de quitosano como en los de metilcelulosa. Además, los que más redujeron el crecimiento de esta bacteria fueron los recubrimientos de quitosano combinado con AE de limón



(Basaglia, 2021) evaluaron el efecto sobre la calidad microbiológica de la piña mínimamente procesada y recubierta con quitosano combinado con AE de canela. Emplearon un control no recubierto y 4 recubrimientos con quitosano (1% y 2%) combinado con diferentes concentraciones de AE de canela (0,5% y 1%).

El control mostró el mayor crecimiento de mohos y levaduras, mientras que el resto no presentaron diferencias significativas entre ellos al final de los 15 días de almacenamiento. Todas las muestras recubiertas exhibieron capacidad para retrasar el crecimiento de mohos y levaduras, siendo los recubrimientos quitosano al 2% junto con AE (0,5% y 1%) los que obtuvieron los menores recuentos.

(Amiri et al., 2021) estudiaron la eficacia microbiológica de la aplicación de nanopartículas de quitosano cargadas con AESH en los arilos de granada.

Tanto el tratamiento con nanopartículas de quitosano con o sin AESH inhibieron el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras, siendo el recubrimiento con AESH el que menor recuento presentó.

(Rico Rodríguez et al., 2015) analizaron la capacidad antimicrobiana de un recubrimiento de quitosano enriquecido con AE cítrico en mango. Se valoró un control, mango recubierto solo con quitosano y los recubrimientos de quitosano junto a AE de limón o AE de naranja.

Todos los tratamientos fueron eficaces en inhibir el crecimiento de bacterias coliformes. Únicamente el control presentó crecimiento de coliformes a los 11 días de almacenamiento.

El quitosano junto el AE de limón mostró ser eficaz frente al control de bacterias mesófilas. Los niveles de mohos y levaduras aumentaron con el tiempo. No obstante, los recuentos fueron menores en todas las muestras recubiertas en comparación al control

(Grande Tovar et al., 2019) investigaron diferentes concentraciones de AERG (0,5%, 1% y 1,5%) en recubrimientos de quitosano aplicados a guayaba con la finalidad de disminuir las pérdidas ocasionadas por microorganismos.

Todos los tratamientos aplicados mostraron ser eficientes para el control del crecimiento de levaduras y mohos. Sin embargo, la mayor inhibición se consiguió en aquellos trozos de guayaba recubiertos con quitosano más AERG a concentraciones de 1,0% y 1,5%. Su actividad antifúngica perduró hasta el día 12 de almacenamiento.



Ninguno de los tratamientos consiguió inhibir por completo el crecimiento de bacterias mesófilas durante los 12 días de almacenamiento. No obstante, las muestras recubiertas con quitosano más AERG 1,5% fueron capaces de inhibir su crecimiento hasta el día 9 de almacenamiento.

(Solís-Contreras et al., 2021) realizaron una investigación sobre la calidad microbiológica de manzanas Golden mínimamente procesadas que habían sido recubiertas con diferentes tipos de recubrimientos (quitosano, goma guar, goma guar-almidón) combinados con AE de canela.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al recuento de bacterias mesófilas entre la muestra control (sin recubrimiento) y el resto de tratamientos. Las muestras no recubiertas no fueron capaces de retrasar el crecimiento bacteriano. No obstante, todos los recubrimientos fueron capaces de retrasar el crecimiento de bacterias mesófilas durante 25 días de almacenamiento a 4°C. No observándose diferencias significativas entre ellos.

Respecto al crecimiento de mohos y levaduras, hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el recubrimiento de quitosano más AE de canela el que presentó un mayor retraso en el crecimiento.

(Bambace et al., 2019) realizaron un estudio con recubrimientos comestibles enriquecidos con diferentes concentraciones de biopreservantes, vainillina y geraniol para el mantenimiento de la vida útil de arándanos.

Todos los recubrimientos fueron capaces de ejercer una acción bactericida sobre *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. En cuanto a los recuentos de mohos y levaduras, los menores recuentos se obtuvieron con los recubrimientos a base de quitosano y quitosano más vainillina.

(Chevalier et al., 2016) evaluaron la calidad microbiológica de melón recubierto por quitosano enriquecido con AM y AE de clavo. Los tratamientos aplicados al melón fueron: control (M1); quitosano al 1% (M2); quitosano al 1% y AM al 0,3% (M3); quitosano al 1% junto con AM al 0,3% y AEC 0,5% (M4)

El recuento de mohos y levaduras fue bajo para todos los tratamientos a excepción del control que presentó un mayor crecimiento. Los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos M3 y M4. La utilización de AM y AEC fueron eficaces retrasando la aparición de mohos y levaduras en el melón mínimamente procesado.



6.3. Discusión de los documentos seleccionados.

6.3.1. Discusión del papel del alginato combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.

Existen diferentes estudios que analizan el papel del uso de recubrimientos comestibles a base de alginato y AE como protectores del color de los productos mínimamente procesados en los que se ha aplicado.

En los estudios realizados por Azarakhsh et al., Chiabrandó & Giacalone., Guerreiro et al., coinciden en que aquellas muestras que únicamente fueron recubiertas con alginato y AP mantuvieron mejor la L^* que aquellas que contenían AE. Esto pudo deberse a la presencia de los AP, AC y AA que inhiben la acción de la polifenoloxidasa (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrandó & Giacalone, 2015; Guerreiro et al., 2017).

Por otro lado, el efecto negativo de los AE está relacionado según Raybaudi-Massilia et al., y Tabassum & Khan, a la adición de estos en concentraciones elevadas, ya que producen un efecto fitotóxico sobre el tejido celular favoreciendo la liberación de enzimas relacionadas con el pardeamiento (Raybaudi-Massilia et al., 2011; Tabassum & Khan, 2020). Esto ha sido observado también por Sarengaowa et al., Azarakhsh et al., Guerreiro et al., Salvia-Trujillo et al. Estos a su vez encuentran que la utilización de AE a bajas concentraciones mantienen la L^* de las muestras durante el almacenamiento (Azarakhsh et al., 2014; Guerreiro et al., 2016; Guerreiro et al., 2017; Salvia-Trujillo et al., 2015 Sarengaowa et al., 2018;).

Además, Chiabrandó & Giacalone destacan en su estudio el distinto comportamiento de los AE de romero y de canela, aun siendo adicionados a mismas concentraciones. Esto puede estar relacionado con los compuestos activos de dichos AE. A diferencia de los autores anteriormente citados, Chiabrandó & Giacalone, no encontraron diferencias significativas en el mantenimiento de la luminosidad de las muestras recubiertas con respecto a la muestra control.

Esto lo asocian a un aumento de la opacidad de los recubrimientos durante la aplicación que produjo una menor absorción de la luz afectando negativamente a la L^* (Chiabrandó & Giacalone, 2019).

Por otro lado, Tabassum & Khan indican que el valor de L^* en frutas está influido por el grado de madurez. De modo que este parámetro disminuye, cuanto más madura es la fruta en el momento de la manipulación (Tabassum & Khan, 2020).



6.3.2. Discusión de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de alginato combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.

El análisis sensorial es fundamental para valorar la aceptabilidad de estos productos por parte de los consumidores, ya que sus componentes pueden influir en diferentes aspectos como el sabor y el olor, haciéndolos inaceptables (Azarakhsh et al., 2014).

Numerosos autores coinciden en que la adición de AE a recubrimientos de alginato induce cambios en las propiedades sensoriales de los productos. (Azarakhsh et al., 2014; Santos et al., 2018; Sarengaowa et al., 2019; Tabassum & Khan, 2020;). Coincidiendo todos ellos con Adelakun et al en que los atributos que se ven afectados con mayor frecuencia son el sabor y el olor. Esto se debe en gran medida a que los AE están compuestos en un 95% de sustancias volátiles que son capaces, de modificar estos atributos (Adelakun et al., 2016).

Adelakun et al., señalan en su estudio que los cambios inducidos por los AE en los atributos de los alimentos, son directamente proporcionales a la cantidad de AE empleado En la misma línea que con Azarakhsh et al., Santos et al., Sarengaowa et al y Tabassum & Khan, consideran que la utilización de bajas concentraciones de AE en recubrimientos de alginato son efectivos en el mantenimiento de la calidad sensorial y, mantienen la aceptabilidad del producto (Azarakhsh et al., 2014; Santos et al., 2018; Sarengaowa et al., 2019; Tabassum & Khan, 2020).

Concretamente, Azarakhsh et al., Chiabrande & Giacalone, Tabassum & Khan, Sarengaowa et al. indicaron en sus resultados que los AE cítricos y el AE de tomillo no influyen negativamente en las propiedades sensoriales cuando son utilizados a bajas concentraciones. (Azarakhsh et al., 2014; y Chiabrande & Giacalone, 2019; Sarengaow; a et al., 2019; Tabassum & Khan, 2020). Por el contrario, Santos et al., describe que pese a utilizar bajas concentraciones de AE de canela y de nuez moscada, los atributos de olor y sabor se ven afectados negativamente, obteniendo las muestras con AE peor puntuación que la muestra control. Este resultado probablemente se deba a la composición de los AE empleados (Santos et al., 2018).

6.3.3. Discusión del efecto de los recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.

Todos los autores consultados afirman que la firmeza es uno de los parámetros que limitan la vida útil de las frutas mínimamente procesadas, influyendo en la aceptabilidad de las mismas. El ablandamiento es un proceso natural que aparece conforme la madurez avanza, por lo que es fundamental controlar los procesos implicados para incrementar la vida útil de estos productos (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrande & Giacalone, 2019; Guerreiro et al., 2017; Raybaudi-Massilia et al., 2011; Sarengaowa et al., 2018 Raybaudi-Massilia et al., 2011).



Los resultados, indican que aquellos productos recubiertos únicamente con alginato mantienen buenos valores de firmeza en comparación con las muestras sin recubrir, durante el periodo almacenamiento.

Azarakhsh et al., Chiabrandó & Giacalone, Raybaudi-Massilia et al., Sarengaowa et al., señalaron que esto podía deberse a la presencia del cloruro cálcico adicionado a las fórmulas de recubrimiento para producir la formación del gel (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrandó & Giacalone, 2019; Raybaudi-Massilia et al., 2011; Sarengaowa et al., 2018). De hecho, el cloruro cálcico permite la estabilización de las membranas del tejido celular (Chiabrandó & Giacalone, 2019).

La firmeza también se relaciona con la pérdida de peso de las muestras recubiertas. A menor pérdida de peso, la turgencia es mayor, y por ende la firmeza se mantiene (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrandó & Giacalone, 2019).

La adición de AE a los recubrimientos de alginato también ha dado resultados similares en los estudios analizados, Azarakhsh et al., describe que la adición de estos no tiene un efecto significativo sobre la firmeza cuando se usan a bajas concentraciones. No obstante, cuando se emplean a altas concentraciones se produce una disminución gradual de la firmeza durante el almacenamiento (Azarakhsh et al., 2014; Raybaudi-Massilia et al., 2011; Sarengaowa et al., 2018;).

Azarakhsh et al y Raybaudi-Massilia et al., señalan que la disminución gradual de la firmeza al añadir elevadas concentraciones de AE se debe a los compuestos activos de los AE, que inducen la liberación de la fase acuosa, de iones como el calcio y potasio y de enzimas pécticas debido el daño celular causado (Azarakhsh et al., 2014; Raybaudi-Massilia et al., 2011).

6.3.4. Discusión de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de alginato combinados con aceites esenciales.

La fruta mínimamente procesada presenta una gran superficie de corte, un gran contenido de agua y un elevado número de nutrientes, lo que proporciona el medio ideal para el desarrollo de microorganismos (Chiabrandó & Giacalone, 2019).

Varios autores, entre ellos Azarakhsh et al., Chiabrandó & Giacalone, Tabassum & Khan, han evaluado el efecto antimicrobiano de los recubrimientos de alginato enriquecidos con AE frente a bacterias, mohos, levaduras (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrandó & Giacalone, 2019; Tabassum & Khan, 2020) y hongos (Kapetanakou et al., 2019). Los resultados son similares en cuanto al poder antimicrobiano de los AE, resultando ser eficaces en el control de las poblaciones



de mohos y levaduras, produciendo una disminución en el recuento de estos. (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrando & Giacalone, 2019; Guerreiro et al., 2017; Raybaudi-Massilia et al., 2013).

El control antimicrobiano es mayor a medida que aumenta la concentración de AE. No obstante, se trata de un punto crítico, pues puede inducir a alteraciones de los atributos sensoriales, como se ha descrito en el apartado 6.3.2 (Guerreiro et al., 2017; Azarakhsh et al., 2014).

Por otra parte, Kapetanakou et al indicaron que los AE de canela incorporados a recubrimientos de alginato son capaces también de controlar la producción de la OTA, especialmente cuando son empleados en concentraciones elevadas (Kapetanakou et al., 2019).

La acción que ejercen sobre los microorganismos está en función de la concentración empleada. A concentraciones bajas, se genera una inhibición de enzimas relacionadas con la energía, como la ATPasa, mientras que a concentraciones elevadas actúan dañando severamente el citoplasma, precipitando proteínas y envejeciendo lípidos (Raybaudi-Massilia et al., 2011; Sarengaowa et al., 2018; Sarengaowa et al., 2019)

La eficacia antimicrobiana de los distintos AE fue diferente según el AE empleado, así, Sarengaowa et al., señala que bacterias como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* son sensibles al tratamiento con recubrimientos de alginato y AE de canela, tomillo y orégano. Sarengaowa et al., en sus investigaciones realizadas en el 2018 y 2019 y Santacruz indican que el timol, compuesto activo del AE de tomillo, es el principal agente que redujo la población microbiana, incluso cuando se empleó a bajas concentraciones (Sarengaowa et al., 2018; Sarengaowa et al., 2019; Santacruz, 2021).

Santos et al., describen también que el efecto antimicrobiano de los recubrimientos aumenta cuando son enriquecidos con ácido ascórbico y cítrico dando lugar a reducciones estadísticamente significativas en el recuento de microorganismos (Santos et al., 2018).

6.3.5. Discusión del papel del quitosano combinado con aceites esenciales en la protección de las propiedades colorimétricas de los productos mínimamente procesados.

En los estudios de Basaglia, Amiri et al. y Rico Rodríguez et al se observa que las muestras control presentan resultados más bajos en cuanto a la conservación de la L* respecto aquellas muestras recubiertas a base de quitosano más AE en diferentes concentraciones. El empleo de AE resultaría eficaz en el mantenimiento de la L* durante el almacenamiento de los trozos de fruta tratados (Basaglia, 2021; Amiri et al., 2021; Rico Rodríguez et al., 2015).



En contraposición, Grande Tovar et al indican que el tratamiento combinado de AERG junto a quitosano no es eficaz en el mantenimiento de la L^* , pues disminuye gradualmente durante el almacenamiento en aquellas muestras recubiertas (Grande Tovar et al., 2019).

Esto puede ser debido a las diferentes propiedades de los AE, ya que como indican los estudios de Basaglia y Solís-Contreras et al., la adición de AE de canela junto con quitosano se describe como efectiva en la disminución del pardeamiento de la fruta (Basaglia, 2021; Solís-Contreras et al., 2021).

Los AE de limón y naranja presentan esta misma acción sobre el mango, disminuyendo el pardeamiento del mango mínimamente (Rico Rodríguez et al., 2015).

Basaglia describe resultados similares a los observados por Sarengaowa et al., Azarakhsh et al., Guerreiro et al., Salvia-Trujillo et al quienes utilizaron recubrimientos a base de alginato combinados con AE. Todos ellos coinciden en que los recubrimientos de quitosano con bajas concentraciones de AE mantiene mejor la L^* que al emplear concentraciones elevadas (Azarakhsh et al., 2014; Basaglia, 2021; Salvia-Trujillo et al., 2015; Sarengaowa et al 2018).

Además, al igual que se ha descrito anteriormente para los recubrimientos de alginato, Solís-Contreras et al., indican que la adición de AC y AA en los recubrimientos resultan eficaces en la inhibición de la enzima polifenoloxidasas, mejorando los valores de L^* (Azarakhsh et al., 2014; Chiabrando & Giacalone, 2015; Guerreiro et al., 2017; Solís-Contreras et al., 2021).

6.3.6. Discusión de la evaluación sensorial de recubrimientos a base de quitosano combinado con aceites esenciales. Aceptación de los consumidores.

Amiri et al., Basaglia, Chevalier et al., describen en sus trabajos que las muestras control, es decir las no recubiertas, desarrollan una mayor alteración de los atributos sensoriales que aquellas que son tratadas con un recubrimiento a base de quitosano más AE (Amiri et al., 2021; Basaglia, 2021; Chevalier et al., 2016).

Amiri et al. y Rico Rodríguez et al., señalan que las muestras que son recubiertas únicamente con quitosano sin AE, desarrollan una mayor alteración en el sabor, dando lugar a la inaceptabilidad de las muestras. Ambos indican que la adición de AESH y AE de limón al recubrimiento de quitosano, mejoran el sabor de las muestras frente a las recubiertas únicamente por quitosano (Amiri et al., 2021; Rico Rodríguez et al., 2015).

Bambace et al. Rico Rodríguez et al. y Solís-Contreras et al. difieren con los autores anteriores. Los resultados obtenidos en sus estudios señalan que pese a añadir determinados AE



a los recubrimientos de quitosano, el sabor sigue siendo no aceptable (Bambace et al., 2019; Rico Rodríguez et al., 2015; Solís-Contreras et al., 2021).

Solís-Contreras et al., y Rico Rodríguez et al., describen que la combinación de AE de canela y AE de naranja producen un peor sabor en muestras de manzana y mango respectivamente. Por lo que no aconsejan estas combinaciones en estos productos (Rico Rodríguez et al., 2015; Solís-Contreras et al., 2021).

De hecho, Solís-Contreras et al., atribuyen esa alteración del sabor al quitosano y no al AE de canela (Solís-Contreras et al., 2021). Mientras que Rico Rodríguez et al. lo asocian a la combinación de quitosano con AE de naranja ya que cuando aplican AE de limón, los resultados son mejores.

Según Bambace et al., afirman que la utilización únicamente de quitosano no afecta al sabor, a diferencia de los datos arrojados anteriormente por Amiri et al. y Rico Rodríguez et al. Sin embargo, cuando adiciona geraniol al recubrimiento, los atributos de sabor y olor empeoran significativamente. Por tanto, concluyen que esta alteración se debe al compuesto activo del AE y no al quitosano (Amiri et al., 2021; Bambace et al., 2019; Rico Rodríguez et al., 2015).

En distintos estudios los AE de árbol del té, AE de canela, AESH, geraniol y AE de clavo resultan eficaces en el mantenimiento de la calidad visual de las muestras tratadas de brócoli, piña, arilos de granada, arándanos y melón respectivamente (Alvarez et al., 2013; Amiri et al., 2021; Basaglia, 2021; Bambace et al., 2019; Chevalier et al., 2016).

6.3.7. Discusión del efecto de los recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales sobre la textura de los productos mínimamente procesados.

La utilización de recubrimientos a base de quitosano sin AE o con AE dan lugar a mejores valores de firmeza respecto a las muestras control en las que no se utilizó recubrimiento alguno (Basaglia, 2021; Grande Tovar et al., 2019; Moreira et al., 2014; Solís-Contreras et al., 2021).

La efectividad de los AE empleados, va a depender de la concentración de los mismos, como queda reflejado en los estudios de Basaglia, Grande Tovar et al., Moreira et al., Rico Rodríguez et al., Solís-Contreras et al. En estos trabajos los AE de canela, b-ciclodextrina y trans-complejo cinamaldehído microencapsulados, AERG y AE cítricos son capaces de mantener la firmeza durante el almacenamiento en función de las concentraciones empleadas (Basaglia, 2021; Grande Tovar et al., 2019; Moreira et al., 2014; Rico Rodríguez et al., 2015; Solís-Contreras et al., 2021).



En la misma línea Azarakhsh et al y Raybaudi-Massilia et al., quienes emplearon recubrimientos de alginato más AE a elevadas concentraciones, obtuvieron peores valores de firmeza debido al daño que genera la penetración de los AE en el tejido celular, y que permite la liberación de la fase acuosa (Azarakhsh et al., 2014; Basaglia, 2021; Grande Tovar et al., 2019; Raybaudi-Massilia et al., 2011).

En esta línea, Rico Rodríguez et al. apuntan que el AE de naranja mantiene mejor la firmeza con respecto al AE de limón, considerándose ambos efectivos en el mantenimiento de esta propiedad (Rico-Rodríguez et al., 2015)

Moreira et al., hace referencia a la adición de cloruro cálcico a los recubrimientos de quitosano como responsable del mantenimiento de la firmeza de las muestras recubiertas coincidiendo con lo descrito por Azarakhsh et al., y Sarengaowa et al., (Azarakhsh et al., 2014; Moreira et al., 2014; Sarengaowa et al., 2018).

6.3.8. Discusión de la evaluación del poder antimicrobiano de recubrimientos a base de quitosano combinados con aceites esenciales.

Numerosos estudios destacan la efectividad de los AE en el control de las poblaciones microbianas (Alvarez et al., 2013; Amiri et al., 2021; Bambace et al., 2019; Basaglia, 2021; Chevalier et al., 2016; Randazzo et al., 2016; Rico Rodríguez et al., 2015; Solís-Contreras et al., 2021).

Bambace et al., describe una capacidad bactericida de los recubrimientos de quitosano combinados con geraniol o vainillina sobre bacterias como *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa*. El efecto ejercido se debe al daño citoplásmico y de membrana causado por la penetración de los AE en las bacterias (Bambace et al., 2019; Raybaudi-Massilia et al., 2011).

Alvarez et al., por su parte describe la eficacia del AE del árbol del té frente a *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (Alvarez et al., 2019). Randazzo et al., destaca también la sensibilidad de *Listeria monocytogenes* frente al AE de limón (Randazzo et al., 2016).

Se ha indicado la efectividad frente a aerobios mesófilos por parte de los AE del árbol del té, AE de limón y AE de canela (Alvarez et al., 2013; Rico-Rodríguez et al. 2015; Solís-Contreras et al., 2021).

Sin embargo, Grande Tovar et al., indica que el AERG no es eficaz en el crecimiento de bacterias mesófilas, probablemente debido su la composición (Grande Tovar et al., 2019).



El empleo de AE también ha resultado ser efectivo en el recuento de mohos y levaduras. Estos resultados mejoran cuanto mayor es la concentración del AE empleado, obteniéndose menores recuentos (Basaglia, 2021; Chevalier et al., 2016; Grande Tovar et al., 2019; Solís-Contreras et al., 2021). A pesar de este efecto beneficioso a nivel microbiano que presentan las concentraciones elevadas de AE, la firmeza de las piezas tratadas puede verse mermada (Azarakhsh et al., 2014; Basaglia, 2021; Grande Tovar et al., 2019; Raybaudi-Massilia et al., 2011).



7. CONCLUSIONES.

En la presente revisión se han encontrado 30 artículos que estudian el efecto combinado de los recubrimientos de alginato o quitosano con diferentes aceites esenciales con la finalidad de preservar la calidad de los productos mínimamente procesados.

1. Los recubrimientos con aceites esenciales parecen mejorar los atributos de color cuando son utilizados a bajas concentraciones. Además, al ser combinados con agentes antipardecimiento permiten mantener la luminosidad y disminuir el pardecimiento.
2. El mantenimiento de la textura en los productos mínimamente procesados es debido a la adición de cloruro cálcico a los recubrimientos y no a la combinación con los aceites esenciales.
3. Altas concentraciones de aceites esenciales afectan de forma negativa al sabor y olor. Además, el empleo de quitosano al 2% induce sabores anómalos a los trozos de fruta tratados.
4. La adición aceites esenciales a los recubrimientos comestibles de alginato o quitosano han resultado ser eficaces en el control antimicrobiano, especialmente cuando son aplicados a altas concentraciones.



8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Adalakun, O. E., Oyelade, O. J., & Olanipekun, B. F. (2016). Use of Essential Oils in Food Preservation. En *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 71-84). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00007-9>
2. Alvarez, M. V., Ponce, A. G., & Moreira, M. del R. (2013). Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.021>
3. Amiri, A., Ramezani, A., Mortazavi, S. M. H., Hosseini, S. M. H., & Yahia, E. (2021). Shelf-life extension of pomegranate arils using chitosan nanoparticles loaded with *SATUREJA HORTENSIS* essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(9), 3778-3786. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11010>
4. Arnon-Rips, H., Porat, R., & Poverenov, E. (2019). Enhancement of agricultural produce quality and storability using citral-based edible coatings; the valuable effect of nano-emulsification in a solid-state delivery on fresh-cut melons model. *Food Chemistry*, 277, 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.117>
5. Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., & Mohd Adzahan, N. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.004>
6. Bambace, M. F., Gerard, L. M., & Moreira, M. del R. (2019). An approach to improve the safety and quality of ready-to-eat blueberries. *Journal of Food Safety*, 39(2), e12602. <https://doi.org/10.1111/jfs.12602>
7. Bambace, M. F., Gerard, L. M., & Moreira, M. del R. (2019). An approach to improve the safety and quality of ready-to-eat blueberries. *Journal of Food Safety*, 39(2), e12602. <https://doi.org/10.1111/jfs.12602>
8. Barboza, J. N., da Silva Maia Bezerra Filho, C., Silva, R. O., Medeiros, J. V. R., & de Sousa, D. P. (2018). An Overview on the Anti-inflammatory Potential and Antioxidant Profile of Eugenol. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 3957262. <https://doi.org/10.1155/2018/3957262>
9. Basaglia, R. R. (2021). Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (Smooth cayenne). *Food Bioscience*, 8.
10. Calvo, M. (2021). ALGINATO. Bioquímica de los alimentos. Recuperado 13 de Junio 2021, de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucres/alginato.html>
11. Ceballos Toro, V., & Londoño Giraldo, L. M. (2017). Aceites esenciales en la conservación de alimentos. *Microciencia*, 6, 38-50. <https://doi.org/10.18041/2323-0320/microciencia.0.2017.3659>



12. Chevalier, R. C., Alves da Silva, G. F., da Silva, D. M., Pizato, S., & Cortez-Vega, W. R. (2016). Edible coating utilization the chitosan base to improve melon shelf life minimally processed. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 3(3), 130-138. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v3i3.101>
13. Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2015). Effect of essential oils incorporated into an alginate-based edible coating on fresh-cut apple quality during storage. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 7(3), 251-259. <https://doi.org/10.3920/QAS2013.0337>
14. Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2019). Effects of citrus essential oils incorporated in alginate coating on quality of fresh-cut Jintao kiwifruit. *J. Food Nutr. Res.*, 58, 10.
15. Chien, P.-J., Sheu, F., & Yang, F.-H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 225-229. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.022>
16. Cofelice, M., Lopez, F., & Cuomo, F. (2019). Quality Control of Fresh-Cut Apples after Coating Application. *Foods*, 8(6), 189. <https://doi.org/10.3390/foods8060189>
17. Dhall, R. K. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435-450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
18. ANTONINO, N. de A. Otimização do processo de obtenção de quitina e quitosana de exoesqueletos de camarões oriundo da indústria pesqueira paraibana. Dissertação (Mestrado) UFPB/CCEN. 88p. : il. – João Pessoa, 2007.
19. Gil-Giraldo, E. Y., Duque-Cifuentes, A. L., & Quintero-Castaño, V. D. (2018). Obtaining minimally processed strawberry (*Fragaria x ananassa*) products and their physicochemical, microbiological, and sensory characterization by using edible coatings. *DYNA*, 85(207), 183-191. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.72982>
20. Grande Tovar, C. D., Delgado-Ospina, J., Navia Porras, D. P., Peralta-Ruiz, Y., Cordero, A. P., Castro, J. I., Chaur Valencia, M. N., Mina, J. H., & Chaves López, C. (2019). Colletotrichum Gloesporioides Inhibition In Situ by Chitosan-Ruta graveolens Essential Oil Coatings: Effect on Microbiological, Physicochemical, and Organoleptic Properties of Guava (*Psidium guajava* L.) during Room Temperature Storage. *Biomolecules*, 9(9), 399. <https://doi.org/10.3390/biom9090399>
21. Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., & Antunes, M. D. C. (2016). Edible coatings enriched with essential oils for extending the shelf-life of 'Bravo de Esmolfe' fresh-cut apples. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(1), 87-95. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12949>
22. Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., & Antunes, M. D. C. (2017). The effect of edible coatings on the nutritional quality of 'Bravo de Esmolfe' fresh-cut apple through shelf-life. *LWT*, 75, 210-219. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.052>
23. Hamed, I., Özogul, F., & Regenstein, J. M. (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.007>



24. Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., & Yao, W. (2019). Application of edible coating with essential oil in food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(15), 2467-2480. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402>
25. Kapetanakou, A. E., Nestora, S., Evageliou, V., & Skandamis, P. N. (2019). Sodium alginate–cinnamon essential oil coated apples and pears: Variability of *Aspergillus carbonarius* growth and ochratoxin A production. *Food Research International*, 119, 876-885. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.072>
26. Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., & Hortynska, P. (2021). Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality-A Review. *Agronomy-Basel*, 11(5), 813. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050813>
27. Martău, G. A., Mihai, M., & Vodnar, D. C. (2019). The Use of Chitosan, Alginate, and Pectin in the Biomedical and Food Sector—Biocompatibility, Bioadhesiveness, and Biodegradability. *Polymers*, 11(11), 1837. <https://doi.org/10.3390/polym11111837>
28. Montero-Calderón, M., Rojas-Graü, M. A., & Martín-Belloso, O. (2008). Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology*, 50(2), 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.014>
29. Moreira, S. P., de Carvalho, W. M., Alexandrino, A. C., de Paula, H. C. B., Rodrigues, M. do C. P., de Figueiredo, R. W., Maia, G. A., de Figueiredo, E. M. A. T., & Brasil, I. M. (2014). Freshness retention of minimally processed melon using different packages and multilayered edible coating containing microencapsulated essential oil. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(10), 2192-2203. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12535>
30. Muxika, A., Etxabide, A., Uranga, J., Guerrero, P., & de la Caba, K. (2017). Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1358-1368. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.087>
31. Ore B., Y., Pichilingue L., E. R., Valderrama Negrón, A. C., Ore B., Y., Pichilingue L., E. R., & Valderrama Negrón, A. C. (2020). Extracción y caracterización del alginato de sodio de la macroalga *Macrocystis pyrifera*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(3), 276-287. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.300>
32. Pandit, P., Gayatri, T. N., & Regubalan, B. (2019). Alginates Production, Characterization and Modification. En S. Ahmed (Ed.), *Alginates* (pp. 21-43). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119487999.ch2>
33. Pillai, C. K. S., Paul, W., & Sharma, C. P. (2009). Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science*, 34(7), 641-678. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.04.001>
34. Raafat, D., & Sahl, H.-G. (2009). Chitosan and its antimicrobial potential - a critical literature survey: Chitosan and its antimicrobial potential. *Microbial Biotechnology*, 2(2), 186-201. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2008.00080.x>



35. Raghav, P. K., Agarwal, N., & Saini, M. (2016). *EDIBLE COATING OF FRUITS AND VEGETABLES: A REVIEW*. 18.
36. Randazzo, W., Jiménez-Belenguer, A., Settanni, L., Perdonés, A., Moschetti, M., Palazzolo, E., Guarrasi, V., Vargas, M., Germanà, M. A., & Moschetti, G. (2016). Antilisterial effect of citrus essential oils and their performance in edible film formulations. *Food Control*, 59, 750-758. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.057>
37. Raybaudi-Massilia, R. M., Rojas-Graü, M. A., Mosqueda-Melgar, J., & Martín-Belloso, O. (2011). Comparative Study on Essential Oils Incorporated into an Alginate-Based Edible Coating To Assure the Safety and Quality of Fresh-Cut Fuji Apples. *Journal of Food Protection*, 71(6), 1150-1161. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.6.1150>
38. Raybaudi-Massilia, R., Mosquedamelgar, J., & Martinbelloso, O. (2013). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, 121(3), 313-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.010>
39. Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N. R., dos Santos, F. R., Neves, I. de A., de Carvalho, M. G., & Sanches-Silva, A. (2017). Biological activities and major components determination in essential oils intended for a biodegradable food packaging. *Industrial Crops and Products*, 97, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.006>
40. Rico Rodríguez, F., Gutiérrez Cortés, C., & Díaz Moreno, C. (2015). Influence of chitosan coatings with citric essential oil on the shelf-life of minimally processed mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(2), 7679-7688. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n2.50983>
41. Rodríguez Hamamura, N., Valderrama Negrón, A., Alarcón Cavero, H., & López Milla, A. (2010). Preparación de partículas de quitosano reticuladas con tripolifosfato y modificadas con polietilenglicol. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(4), 336-354.
42. Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., Rodríguez, F. J., Carmona, A. J., & Martín-Belloso, O. (2007). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids*, 21(1), 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.001>
43. Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2015). Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*, 105, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.03.009>
44. Santacruz, S. (2021). Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(1). <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n1.83837>
45. Santos, S. M. dos, Malpass, G. R. P., Okura, M. H., & Granato, A. C. (2018). Edible active coatings incorporated with Cinnamomum cassia and Myristica fragrans essential oils to improve shelf-life of minimally processed apples. *Ciência Rural*, 48(12). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180447>



46. Sarengaowa, Hu, W., Feng, K., Xiu, Z., Jiang, A., & Lao, Y. (2019). Efficacy of thyme oil-alginate-based coating in reducing foodborne pathogens on fresh-cut apples. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(12), 3128-3137. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14229>
47. Sarengaowa, Hu, W., Jiang, A., Xiu, Z., & Feng, K. (2018). Effect of thyme oil-alginate-based coating on quality and microbial safety of fresh-cut apples: Effect of thyme oil-alginate on apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(6), 2302-2311. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8720>
48. Senturk Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods*, 7(10), 170. <https://doi.org/10.3390/foods7100170>
49. Siracusa, V., Romani, S., Gigli, M., Mannozi, C., Cecchini, J., Tylewicz, U., & Lotti, N. (2018). Characterization of Active Edible Films based on Citral Essential Oil, Alginate and Pectin. *Materials*, 11(10), 1980. <https://doi.org/10.3390/ma11101980>
50. Solís-Contreras, G. A., Rodríguez-Guillermo, M. C., de la Luz Reyes-Vega, M., Aguilar, C. N., Reboloso-Padilla, O. N., Corona-Flores, J., de Abril Alexandra Soriano-Melgar, L., & Ruelas-Chacon, X. (2021). Extending Shelf-Life and Quality of Minimally Processed Golden Delicious Apples with Three Bioactive Coatings Combined with Cinnamon Essential Oil. *Foods*, 10(3), 597. <https://doi.org/10.3390/foods10030597>
51. Tabassum, N., & Khan, M. A. (2020). Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. *Scientia Horticulturae*, 259, 108853. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108853>
52. Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Mahunu, G. K., Arslan, M., Abdalhai, M., & Zhihua, L. (2019). Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydrate Polymers*, 224, 115141. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115141>
53. Talens Oliag, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. <http://hdl.handle.net/10251/83392>
54. Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Chevalier, R. C., Silva, G. F. A. da, Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Silva, D. M. da, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Pizato, S., Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Cortez-Vega, W. R., & Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD. (2016). Utilização de revestimento comestível à base de quitosana para aumentar a vida útil de melão minimamente processado. *Journal of bioenergy and food science*, 3(3), 130-138. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v3i3.101>
55. Valencia-Chamorro, S. A., Palou, L., del Rio, M. A., & Perez-Gago, M. B. (2011). Antimicrobial Edible Films and Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(9), 872-900. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.485705>
56. Waimaleongora-Ek, P., Corredor, A. J. H., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., King, J. M., Janes, M. E., & Sathivel, S. (2008). Selected Quality Characteristics of Fresh-Cut Sweet Potatoes Coated with Chitosan during 17-Day Refrigerated Storage. *Journal of Food Science*, 73(8), S418-S423. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00921.x>



57. Wang, L., Zhang, Y., Fan, G., Ren, J.-N., Zhang, L.-L., & Pan, S.-Y. (2019). Effects of orange essential oil on intestinal microflora in mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*(8), 4019-4028.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9629>
58. Xylia, P., Chrysagyris, A., & Tzortzakis, N. (2021). The Combined and Single Effect of Marjoram Essential Oil, Ascorbic Acid, and Chitosan on Fresh-Cut Lettuce Preservation. *Foods*, *10*(3), 575.
<https://doi.org/10.3390/foods10030575>

9. ANEXOS.

9.1. ANEXO I: Figuras de Introducción.

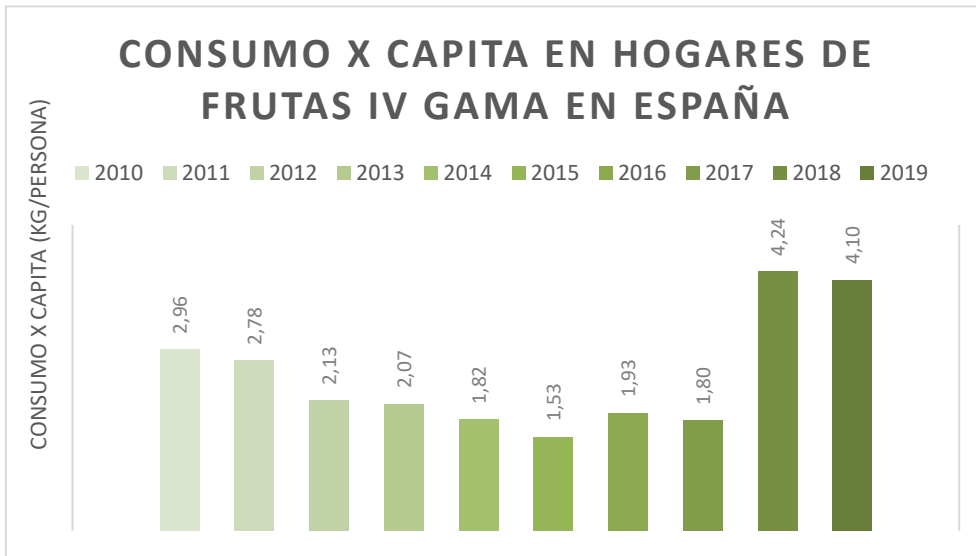


Figura 1.- Consumo per cápita en España (Kg/persona) de productos de IV gama en el periodo de tiempo comprendido entre 2010-2019. **Fuente:** Elaboración propia.

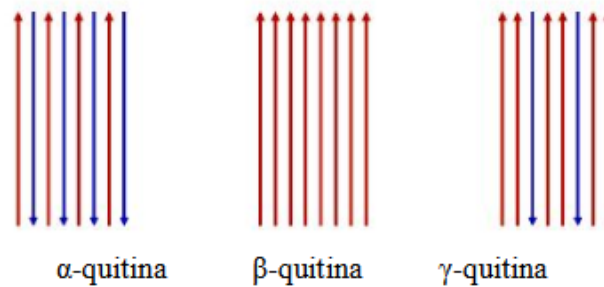


Figura 2.- Orientación de las cadenas de polisacáridos en las formas polimórficas de la quitina; α -quitina; β -quitina; y γ -quitina. **Fuente:** (Antonino et al, 2007).

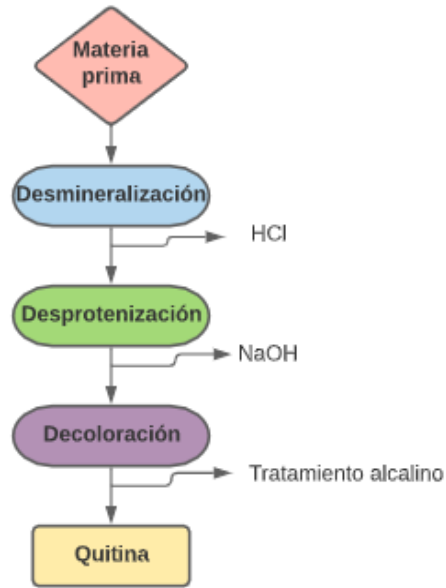


Figura 3.- Diagrama de flujo de extracción de quitina. **Fuente:** Elaboración propia. Basado en: (Pillai et al., 2009).

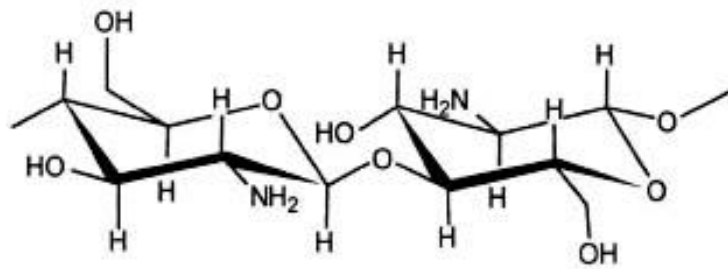


Figura 4.- Estructura química del quitosano. **Fuente:** (Rodríguez Hamamura et al., 2010).



9.2. ANEXO II: Tablas de Introducción.

Tabla 1.- Composición expresada en % del alginato refinado a partir de algas. **Fuente:** (Calvo.M, et al 2021).

TIPO DE ALGA	GG	MM	MG
<i>Laminaria hyperborean</i>	57%	38%	17%
<i>Macrocystis pyrifera</i>	16%	36%	48%

9.3. ANEXO III: Figuras de Resultados y Discusión.

Storage day	Treatments ¹			
	coating	coating + antibrowning	coating + antibrowning + cinnamon	coating + antibrowning + rosemary
Lightness (L*)				
0	73.02±3.13 b	76.12±1.50 a	77.74±2.31 a	78.21±2.00 a
1	70.75±4.05 b	74.23±3.51 a	76.66±1.76 a	76.74±3.18 a
2	69.43 ±4.32 b	76.43±2.16 a	74.85±2.66 b	75.76±3.18 a
3	69.91±4.03 b	73.18±4.75 a	74.27±3.15 a	75.67±2.46 a
6	69.54±3.62 c	75.10±3.80 a	72.68±4.99 b	76.47±2.86 a
7	70.06±3.82 c	78.11±1.90 a	72.21±4.09 b	76.29±2.86 a
8	69.27±4.24 b	78.75±1.48 a	69.80±5.45 b	76.13±2.71 a
9	70.08±3.9 b	77.72±2.25 a	70.49±5.26 b	76.27±2.43 a
10	70.29±4.06 b	77.43±1.95 a	70.72±4.05 b	76.63±2.24 a

Figura 6.- Efecto en la luminosidad de diferentes tratamientos aplicados a manzana Golden mínimamente procesada. **Fuente:** (Chiabrando & Giacalone, 2015).



Color parameter	Treatment ^a	Color values at storage day ^b :					Shelf life (days) ^c
		0	7	14	21	30	
Lightness (L*)	Uncoated	73.43 ± 0.19 A a	73.502 ± 0.014 A a	72.45 ± 0.19 A b	68.1 ± 0.3 AB c	66.9 ± 0.3 AB d	>21
	EC	74.16 ± 0.01 A a	74.42 ± 0.12 A a	73.2 ± 1.5 A ab	72.5 ± 0.9 D ab	71.3 ± 0.7 D b	>30
	EC + Cin (0.3%)	74.17 ± 0.06 A a	73.0 ± 0.4 A ab	72.6 ± 0.9 A b	70.7 ± 0.5 AD c	70.6 ± 0.6 CD c	>30
	EC + Cin (0.7%)	74.0 ± 0.4 A a	73.4 ± 1.8 A ab	72.3 ± 0.5 A abc	71.5 ± 0.1 AD bc	70.7 ± 0.3 CD c	>30
	EC + Cy (0.5%)	74.73 ± 0.22 A a	73.86 ± 0.15 A a	73.77 ± 1.18 A a	70.3 ± 0.2 AD b	67.9 ± 1.5 AB b	>30
	EC + Clo (0.3%)	74.24 ± 1.06 A a	73.127 ± 0.016 A a	72.0 ± 0.7 A ab	70.5 ± 1.3 AD b	69.83 ± 0.9 AC b	>30
	EC + Clo (0.7%)	73.9 ± 0.7 A a	72.2 ± 1.4 A a	70.1 ± 1.3 A a	68.8 ± 2.1 BC a	67.1 ± 1.9 AB a	>14
	EC + Eu (0.5%)	74.0 ± 0.4 A a	71.4 ± 0.3 A ab	70.6 ± 0.4 A bc	69.44 ± 0.03 BC bc	66.9 ± 2.1 AB c	>14
	EC + Lem (0.3%)	73.3 ± 0.9 A a	71.6 ± 1.0 A ab	70.7 ± 0.4 A ab	70.1 ± 0.8 ABC b	67.2 ± 1.9 AB b	>14
	EC + Lem (0.7%)	73.2 ± 0.8 A a	71.5 ± 0.7 A ab	70.6 ± 0.5 A ab	67.2 ± 1.3 c bc ^d	66.4 ± 0.2 AB c	>14
	EC + Cit (0.5%)	74.4 ± 0.8 A a	73.93 ± 0.20 A a	71.9 ± 0.6 A b	71.1 ± 0.9 AB b	65.8 ± 0.8 B c	>21

Figura 9.- Cambios en el parámetro de luminosidad de manzana recién cortada recubierta con alginato, con AE, sus compuestos activos o sin recubrimiento. **Fuente:** (Raybaudi-Massilia et al., 2011)

Parameters analysed	Time (Days)	Treatments				
		T1	T2	T3	T4	T5
Texture	0	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	1	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	3	4.8 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	5	4.5 ± 0.1 ^{bB}	4.9 ± 0.1 ^{abA}	4.9 ± 0.1 ^{abA}	4.8 ± 0.1 ^{abA}	4.8 ± 0.1 ^{abA}
	7	4.3 ± 0.1 ^{bB}	4.7 ± 0.1 ^{bcA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}	4.8 ± 0.1 ^{abA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}
	9	3.9 ± 0.1 ^{cB}	4.5 ± 0.1 ^{cA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}
Color	12	3.5 ± 0.1 ^{dC}	3.8 ± 0.1 ^{dAB}	3.7 ± 0.1 ^{cBC}	4.0 ± 0.1 ^{cA}	3.9 ± 0.1 ^{cAB}
	15	2.7 ± 0.1 ^{eB}	3.3 ± 0.1 ^{eA}	3.4 ± 0.1 ^{dA}	3.5 ± 0.1 ^{dA}	3.5 ± 0.1 ^{dA}
	0	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	1	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	3	4.9 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	5	4.6 ± 0.1 ^{bB}	4.8 ± 0.1 ^{abAB}	4.8 ± 0.1 ^{abAB}	4.9 ± 0.1 ^{abA}	4.8 ± 0.1 ^{abAB}
Aroma	7	4.0 ± 0.1 ^{cB}	4.6 ± 0.1 ^{bA}	4.6 ± 0.1 ^{bA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}	4.7 ± 0.1 ^{bA}
	9	3.9 ± 0.1 ^{cC}	4.2 ± 0.1 ^{cB}	4.5 ± 0.1 ^{bA}	4.3 ± 0.1 ^{cAB}	4.5 ± 0.1 ^{cA}
	12	3.3 ± 0.1 ^{dB}	4.0 ± 0.1 ^{cA}	4.0 ± 0.1 ^{cA}	4.0 ± 0.1 ^{dA}	4.0 ± 0.1 ^{dA}
	15	2.5 ± 0.1 ^{eB}	3.7 ± 0.1 ^{dA}	3.5 ± 0.1 ^{dA}	3.6 ± 0.1 ^{cA}	3.6 ± 0.1 ^{cA}
	0	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
	1	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}
Overall evaluation	3	4.9 ± 0.1 ^{abA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	4.9 ± 0.1 ^{aA}	5.0 ± 0.1 ^{aA}	4.9 ± 0.1 ^{abA}
	5	4.7 ± 0.1 ^{bcA}	4.9 ± 0.1 ^{aA}	4.9 ± 0.1 ^{aA}	4.8 ± 0.1 ^{aA}	4.8 ± 0.1 ^{abA}
	7	4.5 ± 0.1 ^{cB}	4.6 ± 0.1 ^{bAB}	4.6 ± 0.1 ^{bAB}	4.8 ± 0.1 ^{aA}	4.7 ± 0.1 ^{bAB}
	9	4.0 ± 0.1 ^{dB}	4.2 ± 0.1 ^{cAB}	4.3 ± 0.1 ^{cA}	4.2 ± 0.1 ^{bAB}	4.2 ± 0.1 ^{cAB}
	12	3.3 ± 0.1 ^{dB}	4.0 ± 0.1 ^{cA}	4.0 ± 0.1 ^{dA}	3.8 ± 0.1 ^{cA}	4.0 ± 0.1 ^{dA}
	15	2.8 ± 0.1 ^{eB}	3.5 ± 0.1 ^{dA}	3.5 ± 0.1 ^{cA}	3.5 ± 0.1 ^{dA}	3.5 ± 0.1 ^{dA}

Figura 14.- (T1) control (sin aplicación de recubrimiento); (T2) 1% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 0,5% de AE de canela; (T3) 1% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 1% de AE de canela; (T4) 2% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 0,5% de AE de canela; (T5) 2% de quitosano, 1% de ácido cítrico y 1% AE de canela. **Fuente:** (Basaglia, 2021).