



**Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de polen de (*Apis mellifera*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en dedos de zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada**

Quiroz Ortiz, Sharline Dejaneira

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgt

14 de agosto del 2022



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Agropecuaria**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de polen de (*Apis mellifera*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en dedos de zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada”** fue realizado por la señorita Quiroz Ortiz, Sharline Dejaneira, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de agosto del 2022

**Firma:**



Firmado electrónicamente por:  
GABRIEL  
ALEJANDRO LARREA  
CEDENO

.....  
**Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgt**  
**C.C1709635039**

## Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

---

Sharline Dejaneira Quiroz Ortiz\_Trabajo de integración curricu...

Scanned on: 21:47 August 11, 2022 UTC



Identical Words	351
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	259
Omitted Words	2074



Firmado electrónicamente por:  
**GABRIEL  
ALEJANDRO LARREA  
CEDENO**

Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeño, Mgt.

C.I. 1709635039

Tutor – Director del Trabajo



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, Quiroz Ortiz, Sharline Dejanera, con cédula de ciudadanía n° 1727365957, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de polen de (*Apis mellifera*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en dedos de zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de agosto del 2022

**Firma:**



**Quiroz Ortiz, Sharline Dejanera**  
**C.C 1727365957**



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo **Quiroz Ortiz, Sharline Dejeneira**, con cédula de ciudadanía n° 1727365957, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Título: "Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de polen de (*Apis mellifera*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en dedos de zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de agosto del 2022

**Firma:**

**Quiroz Ortiz, Sharline Dejeneira**

**C.C 1727365957**

## Dedicatoria

Dedico la culminación de mi trabajo de titulación, formación personal y académica a:

Dios por darme la oportunidad de llegar a este momento con salud, acompañada de mis seres queridos y nunca abandonarme en los momentos difíciles.

Mis padres, Byron Quiroz y Olinda Ortiz, quienes me han acompañado y apoyado incondicionalmente, inculcándome valores, los cuales me han permitido superar los retos y las dificultades. Son el motor de mi vida y mi logro está dedicado a ustedes, los amo mucho y espero que estén a mi lado en mis futuros proyectos.

A mis mascotas Canela y Tiago, quienes me acompañaron en muchas noches de estudio y me brindan momentos de alegría.

## Agradecimiento

A mis padres y a mi hermano Brayan por siempre apoyarme y guiarme para alcanzar mis metas

A mis amigos que me acompañaron a lo largo de mí recorrido por la universidad, que con sus consejos me han ayudado a mejorar personal y profesionalmente, especialmente a mis amigos Kevin, Miguel y Rommel, gracias por su amistad, su apoyo y su buen humor que hizo divertido el tiempo que estuve en la universidad. Les deseo los mayores éxitos en el futuro.

A mis amigas Moni y Alejandra, que son una fuente de inspiración tanto personal como profesionalmente para mí. Les deseo muchos éxitos en su vida y en su realización como profesionales.

A mi tutor Ingeniero Gabriel Larrea, quien me apoyó y compartió sus conocimientos durante todo el proceso de la tesis, gracias por estar siempre pendiente del trabajo.

A la Ingeniera Martita Vargas, quien ha sido nuestro apoyo a lo largo de este periodo y ha sabido comprendernos siempre, gracias por ser una buena persona con nosotros.

Al Dr. Falconí Salas, quien siempre estuvo abierto a compartir sus conocimientos y provocó en mí un gran cariño hacia las plantas y hacia la carrera, gracias por sus consejos y sus conocimientos brindados.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, gracias por brindarme las herramientas necesarias para crecer como profesional.

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tabla.....	13
Índice de figuras.....	14
Resumen .....	15
Abstract.....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Antecedentes .....	17
Justificación.....	18
Objetivos .....	19
Objetivo general .....	19
Objetivos específicos .....	19
Hipótesis .....	19
Capítulo II.....	20
Revisión de literatura.....	20
Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ).....	20

Historia.....	20
Generalidades.....	21
Taxonomía.....	22
Características botánicas.....	22
Composición Nutricional.....	23
Variedades.....	25
Producción Nacional.....	25
Carotenoides.....	26
Estructura de los carotenos.....	26
Clasificación de los carotenoides.....	27
Propiedades químicas y físicas.....	27
Efecto de la oxidación.....	28
β-caroteno.....	29
Polen de abeja.....	29
Generalidades.....	29
Componente nutricional.....	30
Alimentos de IV Gama o mínimamente procesados.....	31
Dedos de zanahoria.....	31
Recubrimientos comestibles.....	31
Historia.....	32
Recubrimientos comestibles con características antioxidantes.....	33
Vida útil.....	33
Capítulo III.....	34
Materiales y métodos.....	34

Área de estudio.....	34
Materiales .....	35
Equipos.....	35
Insumos de laboratorio.....	35
Reactivos .....	35
Metodología.....	36
Obtención del material biológico .....	36
Zanahorias.....	36
Polen de abeja .....	36
Extracción del polen liofilizado .....	36
Recubrimiento comestible.....	37
Desinfección de la zanahoria .....	38
Corte de la zanahoria en forma de dedos.....	38
Inmersión de los dedos de zanahoria en el recubrimiento comestible.....	38
Secado del recubrimiento sobre los dedos de zanahoria .....	38
Variables físico-químicas.....	39
Pérdida de peso .....	39
Diferencia de color $\Delta E^*ab$ .....	39
pH.....	40
Acidez titulable .....	40
Grados Brix.....	41
Firmeza (kg-f) .....	41
$\beta$ -carotenos .....	41
Variable microbiológica .....	42

	11
Análisis sensorial .....	42
Vida útil .....	43
Diseño Experimental .....	44
Tratamientos a probar .....	44
Manejo del experimento .....	44
Variables a medir .....	45
Tipo de diseño.....	46
Análisis estadístico .....	46
Croquis del diseño.....	47
Capítulo IV.....	48
Resultados y Discusión.....	48
Resultados.....	48
Extracto liofilizado de polen ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	48
Recubrimiento comestible.....	48
Variables físico- químicas.....	50
Pérdida de peso (%) .....	52
pH.....	53
Acidez titulable (%) .....	54
Firmeza (Kg-f).....	55
°Brix.....	56
β- carotenos (µg/100g) .....	57
Diferencia de color ΔE*ab.....	57
Análisis microbiológico .....	59
Análisis sensorial .....	60

Vida útil.....	62
Discusión .....	64
Extracto liofilizado de polen de abeja ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	64
Formulación de recubrimientos comestibles a base de polen liofilizado.....	65
Vida útil de los dedos de zanahoria .....	66
Capítulo V.....	69
Conclusiones y Recomendaciones .....	69
Conclusiones .....	69
Recomendaciones.....	70
Bibliografía .....	71

### Índice de tabla

<b>Tabla 1</b> Clasificación taxonómica de la zanahoria amarilla. ....	22
<b>Tabla 2</b> Composición nutricional de la zanahoria en 100g de sustancia comestible. ....	24
<b>Tabla 3</b> Propiedades químicas y físicas de los carotenos. ....	28
<b>Tabla 4</b> Componentes del recubrimiento comestible para cada tratamiento. ....	37
<b>Tabla 5</b> Tratamientos a probar experimentalmente. ....	44
<b>Tabla 6</b> Cantidad de dedos de zanahoria necesarios para la investigación. ....	45
<b>Tabla 7</b> Componentes para la obtención del extracto liofilizado de polen. ....	48
<b>Tabla 8</b> Características de los recubrimientos comestibles. ....	49
<b>Tabla 9</b> ANAVA de las variables físico-químicas. ....	50
<b>Tabla 10</b> Media $\pm$ desviación de las variables físico-químicas evaluadas en dedos de zanahoria. ....	51
<b>Tabla 11</b> Media $\pm$ desviación estándar de la diferencia de color $\Delta E^*ab$ . ....	58
<b>Tabla 12</b> Tabla de contingencia con frecuencia absoluta de presencia de hongos por tratamiento. ....	59
<b>Tabla 13</b> Tabla de contingencia para la presencia o ausencia de microorganismos. ....	59
<b>Tabla 14</b> Media $\pm$ desviación estándar para los atributos del análisis sensorial. ....	61
<b>Tabla 15</b> Vida útil en días para cada tratamiento. ....	62

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Anatomía de la raíz de la zanahoria.....	21
<b>Figura 2</b> Área cosechada y producción de zanahoria en el Ecuador en el periodo 1994- 2018.....	25
<b>Figura 3</b> Estructura de carotenoides comúnmente encontrados en alimentos.....	27
<b>Figura 4</b> Ubicación geográfica de la carrera IASA I.....	34
<b>Figura 5</b> Distribución aleatorizada del experimento.....	47
<b>Figura 6</b> Recubrimientos comestibles con diferentes concentraciones de polen liofilizado. ....	49
<b>Figura 7</b> Porcentaje de pérdida de peso en dedos de zanahoria.....	52
<b>Figura 8</b> pH de dedos de zanahoria. ....	53
<b>Figura 9</b> Acidez titulable (%) en dedos de zanahoria.....	54
<b>Figura 10</b> Firmeza (kg-f) en dedos de zanahoria.....	55
<b>Figura 11</b> °Brix en dedos de zanahoria. ....	56
<b>Figura 12</b> Cantidad de B-carotenos ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) en dedos de zanahoria. ....	57
<b>Figura 13</b> Diferencia de color $\Delta E^*ab$ en dedos de zanahoria. ....	58
<b>Figura 14</b> Porcentaje de dedos de zanahoria con microorganismos en cada tratamiento.....	60
<b>Figura 15</b> Valores de la prueba hedónica para los atributos sensoriales. ....	61
<b>Figura 16</b> Ln de la firmeza (kg-f) vs tiempo.....	63

## Resumen

La investigación se realizó en la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", ubicada en la Hcda El Prado, cantón Mejía, Provincia de Pichincha, bajo las coordenadas geográficas  $-0,39111^{\circ}$  Latitud,  $-78,4136^{\circ}$  Longitud. El objetivo del estudio es evaluar el efecto funcional antioxidante de tres concentraciones de extracto liofilizado de polen de *Apis mellifera* (0.75, 1.5 y 3 %) más un control como ingrediente de un recubrimiento comestible sobre dedos de zanahoria (*Daucus carota*) variedad Chantenay a 0, 3, 6 y 9 días de almacenamiento. Las variables evaluadas sobre el producto final fueron de carácter físico-químicas (pH, °Brix, acidez titulable, contenido de carotenoides, pérdida de peso, color, firmeza), microbiológicas (presencia o ausencia), sensoriales, para medir textura, sabor, aroma y color a 5 catadores semi entrenados, con lo que se determinó el tiempo de vida útil. Para el análisis estadístico se efectuó bajo un DCA con parcelas divididas +1 control con tres repeticiones. Para la interpretación de los datos se utilizó el programa Infostat con una interfaz de R y se realizaron pruebas de comparación de medias con LSD al 5%. La investigación tuvo resultados favorables del recubrimiento comestible en el control de microorganismos, % de pérdida de peso, firmeza y color sobre dedos de zanahoria durante 9 días de almacenamiento. El tratamiento T2 con 1,5% de liofilizado de polen en el recubrimiento comestible presentó los mejores resultados para el tiempo de vida útil alargándose hasta los 11 días, además de mantener una mejor firmeza, ausencia de hongos y presentar una menor diferencia de color entre el primer y último día de evaluación, asimismo en el análisis sensorial el tratamiento T3 presentó mejores características de color y menor % de pérdida de peso.

**Palabras clave:** zanahoria, recubrimiento comestible, polen de abeja, liofilización, antioxidante.

### Abstract

The research was carried out in the Agricultural Engineering career of the University of the Armed Forces "ESPE", located in the Hcda El Prado, Mejia canton, Pichincha Province, under the geographic coordinates -0.39111° Latitude, -78.4136 ° Length. The objective of the study is to evaluate the antioxidant functional effect of three concentrations of lyophilized extract of *Apis mellifera* pollen (0.75, 1.5 and 3%) plus a control as an ingredient of an edible coating on carrot fingers (*Daucus carota*) variety Chantenay at 0, 3, 6 and 9 days of storage. The variables evaluated on the final product were physical-chemical (pH, °Brix, titratable acidity, carotenoid content, weight loss, color, firmness), microbiological (presence or absence), sensory, to measure texture, flavor, aroma and color to 5 semi-trained tasters, with which the shelf life was determined. Statistical analysis was performed under DCA with split plots +1 control with three replicates. For the interpretation of the data, the Infostat program was used with an R interface and comparison tests of means with LSD 5%. The investigation had favorable results of the edible coating in the control of microorganisms, % weight loss, firmness and color on carrot fingers during 9 days of storage. The T2 treatment with 1.5% lyophilized pollen in the edible coating presented the best results for the shelf life, extending up to 11 days, in addition to maintaining a better firmness, absence of fungi and presenting a smaller color difference between the first and last day of evaluation, also in the sensory analysis, the T3 treatment presented better color characteristics and less weight loss %.

**Keywords:** carrot, edible coating, bee pollen, lyophilization, antioxidant.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

En la industria alimenticia se utilizan una gran variedad de recubrimientos comestibles para mejorar la vida útil de los alimentos luego de ser cosechados, los cuales pueden ser combinados con una serie de aditivos que llegan a cumplir diversas funciones, otorgando poderes antimicrobianos o antioxidantes al producto, como es el uso del polen de abeja, al cual se le confieren una variedad de beneficios nutricionales y medicinales, además la zanahoria es de las hortalizas más consumidas a nivel mundial y nacional desde hace varias décadas, debido a sus propiedades organolépticas y nutricionales, lo que la ha convertido en un alimento conveniente para realizar snacks saludables.

En Ecuador se estableció que el consumo per cápita de zanahoria amarilla es de 1,64 kg/año a través del censo realizado por (INEC, 2000), la cual es cultivada principalmente en provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua, que aportan el 94% de la producción nacional, teniendo una producción de 18 351 Tm.

Las zanahorias frescas cortadas en diferentes formas, son de los productos más usados en ensaladas listas para ser consumidas, debido a las actuales y novedosas tendencias de consumo, pero su mercado se va reduciendo por su deterioro durante su almacenamiento (Villafañe, 2017).

En el mercado de los alimentos, el consumo de productos gama IV encabeza el listado de alimentos que satisfacen las necesidades de los consumidores ocupados, a pesar de ello, el pelar, cortar o rebanar estos productos ocasionan daños en sus tejidos, provocando sabores extraños, deterioros, así como pérdidas de textura y problemas en la calidad microbiana (Salveit, 2003).

Por otro lado, el consumo de dedos de zanahoria ha aumentado considerablemente en la industria de comidas rápidas y como un snack saludable para niños y adultos, siendo un bocadillo útil para pacientes con enfermedades, principalmente de Alzheimer, ya que les permite comer de forma autónoma sin necesidad de cubiertos (Pouyet et al., 2014).

Se reconoce que el polen tiene una serie de propiedades tanto antioxidantes, antiinflamatorias, nutricionales y antimicrobianas, dentro de los principales componentes de su estructura se encuentran una amplia cantidad de aminoácidos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, componentes fenólicos, flavonoides y fitoesteroles (Broadhurts, 1999).

Los recubrimientos comestibles son una tecnología aplicada a una serie de productos alimenticios para mejorar la vida útil pos cosecha, el cual tiene como principio el controlar la transferencia de la humedad y gases en los procesos de oxidación (Taylor & Dhall, 2013).

### **Justificación**

En la actualidad ha aumentado considerablemente la tendencia del consumidor de comprar hortalizas mínimamente procesadas, estos tipos de productos están ganando importancia debido a su conveniencia y beneficios para la salud humana. Las zanahorias recién cortadas (*Daucus carota*) son un componente importante del mercado de verduras precortadas usadas para ensaladas (Lacroix & Lafortune, 2004).

Sin embargo las características organolépticas de la zanahoria pueden ser alteradas conforme avance el tiempo de almacenamiento, reduciéndose la vida útil principalmente por deshidratación y disminución del color naranja brillante, a lo cual se asocia un envejecimiento y aparente pérdida de nutrientes por su pardeamiento (Carlin et al., 1990). La zanahoria pierde firmeza debido a la alta tasa respiratoria (Barry-Ryan et al., 2000).

Por otro lado, el uso de los recubrimientos comestibles tiene gran beneficio sobre la zanahoria mínimamente procesada, los cuales estabilizan al alimento y mejoran sus características de frescura (Villafañe, 2017). Además que la incorporación de compuestos antioxidantes otorgado por componentes naturales como el polen de abeja sobre los recubrimientos comestibles proporcionan un medio novedoso para mejorar la inocuidad y la vida útil de la zanahoria, generando un alimento enriquecido y evitando el uso de aditivos químicos que causen daños en la salud de las personas.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Evaluar el efecto funcional antioxidante de extracto liofilizado de polen de (*Apis mellifera*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en dedos de zanahoria (*Daucus carota*) mínimamente procesada.

### ***Objetivos específicos***

- Elaborar un extracto liofilizado del principio activo de polen de *Apis mellifera*.
- Formular un recubrimiento comestible para dedos de zanahoria mínimamente procesada, a base del principio activo extraído de polen a tres niveles de concentración (0.75, 1.5 y 3%) más un testigo.
- Evaluar el efecto del recubrimiento comestible sobre la vida útil de la zanahoria mínimamente procesada en frigoconservación a 0, 3, 6 y 9 días.

## **Hipótesis**

- H0: Al menos uno de los tratamientos aplicados aumenta la capacidad antioxidante del recubrimiento comestible con polen sobre los dedos de zanahoria.
- Hi: Ninguno de los tratamientos aplicados aumenta la capacidad antioxidante del recubrimiento comestible con polen sobre los dedos de zanahoria.

## Capítulo II

### Revisión de literatura

#### **Zanahoria (*Daucus carota*)**

##### ***Historia***

Los orígenes silvestres de la zanahoria difieren según varios expertos en el tema, unos mencionan que se desarrolló en el Mediterráneo, mientras que otros aseguran que fue en Asia, específicamente en Afganistán (Morales, 1995). Se tiene datos sobre la presencia de semillas de zanahoria silvestre en el Mesolítico, hace 10 000 años aproximadamente (Stolarczyk & Janick, 2011).

La zanahoria silvestre también era conocida como Queen Anne's Lace, sus principales características era su color blanquecino, forma delgada y tamaño pequeño, pero con un sabor desagradable, llegando a ser considerada una maleza en varios países, sin embargo se ha convertido en una raíz completamente versátil, con una serie de colores, tamaños y formas. Debido a la falta de pruebas es difícil señalar con precisión el lugar y cuando inició la domesticación de esta raíz (Stolarczyk & Janick, 2011).

En la antigüedad era cultivada por sus semillas aromáticas y por sus hojas que funcionaron para curar heridas y en problemas estomacales, también se reportó su uso como planta medicinal en los jardines de la antigua Roma, donde se le atribuían poderes afrodisíacos y en algunos casos como parte de un preparado para prevenir el envenenamiento, además que las semillas de la zanahoria silvestre contienen estrógeno, por tanto eran usadas en algunas culturas como un método anticonceptivo eficiente (Fleischer, R, Touwaide, A, Appetiti, E, Harbaugh, D & Kress, 2010).

Para el siglo I se registró por primera vez el consumo de la raíz de esta hortaliza, especialmente de la zanahoria de color morado, posteriormente se reportaron las variedades de color naranja para el siglo XVII en Holanda, la cual fue distribuida en Europa y el continente Americano (Morales, 1995).

### **Generalidades**

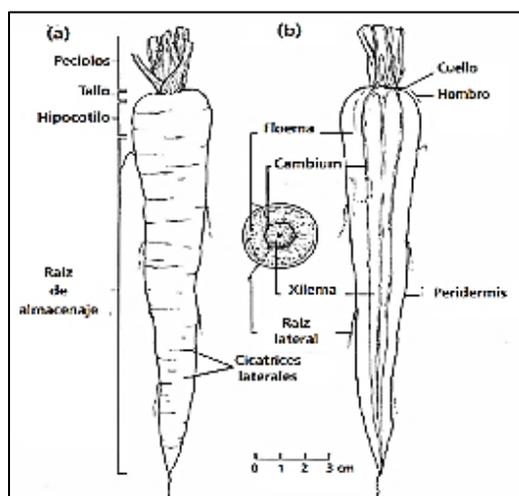
El cultivo de zanahoria es ampliamente distribuido, se extiende en una superficie de 13,9 mil hectáreas, con una producción anual de 242,3 mil toneladas (FAO, 2008).

La zanahoria pertenece al género *Daucus*, el cual posee más de 80 especies, las que se clasifican en seis variedades principales, incluyendo Imperator, Danvers, Nantes, Chantenay, Amsterdam y Paris Market (Simon et al., 2008).

Existen dos tipos de zanahorias, las orientales y occidentales. Las zanahorias orientales se limitan a Afganistán, Rusia, Irán, Pakistán e India, mientras que las zanahorias occidentales se domesticaron primero en Turquía (Bradeen & Simon, 2007).

### **Figura 1**

#### *Anatomía de la raíz de la zanahoria*



*Nota.* (a) Vista longitudinal y (b) vista en cortes transversal, tomado de (Rubatzky et al., 1999).

## ***Taxonomía***

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la zanahoria amarilla*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División:	Magnoliophyta
Orden:	Apiales
Familia:	Apiaceae
Subfamilia:	Apioideae
Tribu:	Scandiceae
Subtribu:	Daucinae
Género:	Daucus
Especie:	<i>Daucus carota</i>

*Nota.* Tabla tomada de (Wikipedia, 2022).

## ***Características botánicas***

### **Raíz**

Raíz pivotante gruesa, carnosa de 5–30 cm de largo. El color de la raíz en las variedades cultivadas van desde el blanco, amarillo, naranja, violeta claro o rojo oscuro a violeta profundo (Ross, 2005). Su función es principalmente de almacenamiento, además de tener raíces secundarias que captan los nutrientes.

### **Tallo**

Los tallos son erectos, ramificados, lisos o rugosos, termina en una inflorescencia, conocida como umbela primaria y puede llegar a tener hasta 1 m de altura (IPGRI, 1998).

### **Hojas**

Las hojas van de 0,5–3 cm de largo, son pinnadas con folíolos finamente divididos, donde hay una hoja por nudo a lo largo del tallo y las hojas superiores son reducidas por una vaina (Ross, 2005).

### **Flores**

Las flores exteriores son más grandes y hay unas flores moradas en el centro de la umbela, tiene cinco pétalos, sépalos o tépalos en la flor. La planta también produce umbelas secundarias, terciarias y ocasionalmente cuaternarias a partir de las axilas de las hojas más abajo en el tallo. Las umbelas primarias contienen flores hermafroditas y estaminadas. En estas umbelas primarias, más del 95% de las flores son hermafroditas. Las flores hermafroditas poseen cinco estambres y dos óvulos. Los estigmas generalmente se vuelven receptivos una vez que todas las anteras de la umbela se han marchitado (Lamborn & Ollerton, 2000).

### **Fruto**

Los frutos contienen dos semillas encerradas en un pericarpio espinoso, lo que probablemente ayuda a su dispersión en el pelaje de los animales. (Lamborn & Ollerton, 2000). Los frutos son oblongos, con pelos erizados a lo largo de las costillas (Ross, 2005).

### **Semilla**

Las semillas son ovaladas de 2–4 mm, con espinas en las crestas. (Ross, 2005).

### ***Composición Nutricional***

La zanahoria posee alto contenido de vitamina A (835ug/100g), B6 (0,14 mg/100g) y potasio (320 mg/100g), lo cual permite estabilizar el ritmo cardiaco y la presión arterial (USDA, 2019).

**Tabla 2***Composición nutricional de la zanahoria en 100 g de sustancia comestible*

<b>Componente</b>	<b>Valor por 100 g</b>
Agua (g)	88,29
Energía (kcal)	41,00
Proteína (g)	0,93
Carbohidratos (g)	9,58
Fibra (g)	2,80
Almidón (g)	1,43
<b>Azúcares</b>	
Sacarosa (g)	3,59
Fructosa (g)	0,55
<b>Minerales</b>	
Potasio (mg)	320
Fósforo (mg)	35
Calcio (mg)	33
Magnesio (mg)	12
Sodio (mg)	69
<b>Vitaminas</b>	
Vitamina C (mg) (ácido ascórbico)	5,90
Vitamina A (ug)	835
β-carotenos (mg)	39,60
Vitamina E (mg) (α-tocoferol)	0,660

*Nota.* La tabla representa los componentes nutricionales de la zanahoria amarilla. Tabla tomada de (USDA, 2019).

## Variedades

### Chantenay

Esta variedad tiene un peso aproximado de 150 g y largo entre 12 a 17 cm, de forma cilindro-cónica, es de color naranja. Existen otras variedades a partir de esta como Chantenay Red Cored, Chantenay Andina y Royal Chantenay (SERAGRO, 2009).

### Cumbe

Es un híbrido del tipo de variedad Chantenay, la raíz es cónica con terminación redonda, tiene un color naranja intenso con buenos rendimientos de producción. Se adapta a alturas entre 2,000 y 2,800 msnm (Agroglobal., 2011).

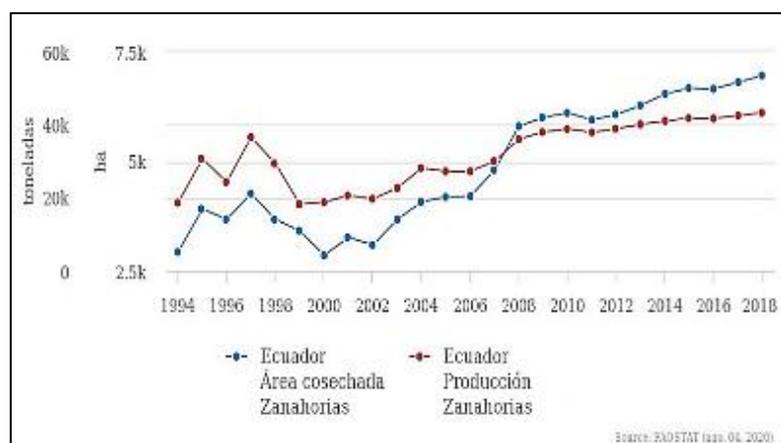
### Nantes

Tiene un peso cercano a 150 g, de un largo entre 15 a 20 cm y un grosor de 3 cm, es de forma cilíndrica, y de color naranja intenso (SERAGRO, 2009).

## Producción Nacional

### Figura 2

Área cosechada y producción de zanahoria en el Ecuador en el periodo 1994- 2018



Nota. La figura representa el área cosechada (ha) y producción (Tn) de zanahoria en el Ecuador, tomado de (FAOSTAT, 2020).

En el Ecuador, la mayor producción de zanahoria amarilla se encuentra en la región interandina. Las principales provincias productoras de esta raíz son: Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi y Carchi. En el país la producción de zanahoria está destinada para el consumo interno. El Ecuador anualmente tiene una producción total aproximada de 29000 toneladas y solo el 3% se exporta el resto es de consumo interno (Aguilar, 2022).

### **Carotenoides**

Los carotenoides son pigmentos orgánicos que se encuentran de forma natural en plantas, así como también en algas, ciertos hongos y bacterias (Meléndez et al., 2004).

Los carotenoides en las zanahorias pueden llegar a construir sobre el 0.1% de su peso fresco y son los que determinan en gran parte la coloración amarilla a rojo anaranjado (Flores et al., 2005).

En los carotenoides tienden a existir una oxidación por el aumento de la temperatura, por presencia de metales, la luz y ciertas enzimas, para disminuir este efecto se utilizan antioxidantes como la vitamina C (Martínez et al., 2004).

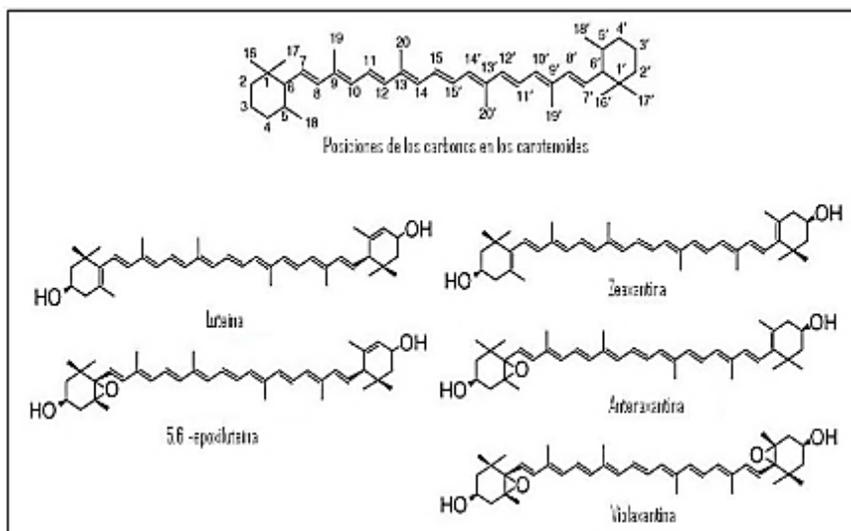
(Meléndez et al., 2004) menciona que la oxidación tanto enzimática por lipoxigenasas o no enzimática genera una degradación de los carotenoides. Por otro lado la intensidad de la oxidación de los carotenoides depende de las condiciones ambientales

### ***Estructura de los carotenos***

Los pigmentos carotenoides pertenecen a una serie de compuestos naturales que se consideran polímeros del isopreno, estos son los llamados terpenos. Al tener 40 átomos de carbono se clasifican dentro de los tetraterpenos, los cuales tienen una larga cadena central de dobles enlaces conjugados, formados por hidrogenación, deshidrogenación, ciclización, oxidación o alguna combinación de estos procesos (Pfander, 1992).

Figura 3

Estructura de carotenoides comúnmente encontrados en alimentos



Nota. La imagen representa carotenoides como la luteína, zeaxantina, 5,6 epoxiluteína, anteraxantina y violaxantina. Tomado de (Kopsell, 2006).

### Clasificación de los carotenoides

Los carotenoides pueden clasificarse dentro de dos grandes grupos (Fennema, 2000):

- Carotenos: son hidrocarburos, pueden ser ácidos o poseer un anillo de 5 a 6 carbonos unido a uno o ambos extremos de la molécula
- Xantofilas: son carotenoides oxigenados, frecuentemente contiene grupos hidroxilo, epoxilo, aldehído o cetona.

Existen también otros carotenoides, los cuales pueden tener cadenas de carbonos más cortos y son conocidos como apocarotenos (Hurst, 2002).

### Propiedades químicas y físicas

Las principales propiedades químicas y físicas de los carotenos son:

**Tabla 3***Propiedades químicas y físicas de los carotenos*

<b>Propiedades</b>
Absorben la luz
Bloquean reacciones mediadas por radicales libres
Lipofílicos, insolubles en agua
Se unen a superficies hidrofóbicas
Se isomerizan y oxidan fácilmente

*Nota.* La tabla representa las principales propiedades de los carotenos. Tabla tomada de (Rodríguez, 1999).

***Efecto de la oxidación***

La degradación de los carotenoides se da esencialmente por las reacciones de oxidación, ya sean no enzimáticas o debidas a enzimas como las lipoxigenasas, y se presenta generalmente durante el secado de frutas y vegetales. En los alimentos procesados los pigmentos pueden autooxidarse por reacción con oxígeno atmosférico a velocidades que dependen de la luz, el calor y la presencia de pro- y antioxidante los carotenoides. Los alimentos que contienen antioxidantes, como tocoferoles o vitamina C, conservan mejor los carotenoides y por tanto su color. Tras perder su color y sus propiedades beneficiosas para la salud, dan lugar a compuestos aromáticos que en algunos casos son agradables (té, vino) y en otros no (zanahoria deshidratada) (Meléndez et al., 2004).

Los carotenos son inestables en los procesos oxidativos, además aquellos que contienen 9 o más dobles enlaces conjugados pueden inactivar ciertas formas reactivas de oxígeno, como el oxígeno singlete. El  $\beta$ -caroteno es más efectivo a bajas presiones de oxígeno, característica que lo diferencia del resto de antioxidantes solubles en grasas como la vitamina E (Meléndez et al., 2004).

## **$\beta$ -caroteno**

En 1831, Wackenoder aisló el  $\beta$ -caroteno en forma cristalina a partir de la zanahoria, dándole el nombre que lleva ahora "caroteno", derivado de la denominación latina de este vegetal *Daucus carota*. Es un carotenoide no oxigenado presente en muchos tejidos vegetales, especialmente en zanahorias. Es de gran importancia sobre todo en la dieta de los mamíferos, ya que en el hígado se transforma a retinol, que luego se oxida a retinal (vitamina A) (Cinar, 2004).

El beta caroteno es también conocido con el nombre de "provitamina A", debido a que nuestro organismo es capaz de obtener la vitamina A, a partir de este pigmento vegetal, además de ser una vitamina liposoluble indispensable para nuestro organismo. De cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A (Cinar, 2004).

De acuerdo a (Cinar, 2004) el uso de  $\beta$ -carotenos reduce el avance de enfermedades cardiovasculares, cierto tipo de cánceres, el riesgo de cataratas y mejora los marcadores inmunológicos en pacientes infectados por el VIH.

## **Polen de abeja**

El polen es producido por las plantas con flores y es recolectado por las abejas, las cuales lo mezclan con el néctar y sustancias salivares, donde su composición puede variar por el origen botánico y geográfico (Almaraz-Abarca et al., 2004). En la antigua China, el polen de abeja era aplicado como agente cosmético que contribuye al blanqueamiento de la piel (Couto & Couto, 2006).

## ***Generalidades***

Los productos apícolas se consideran una fuente potencial de antioxidantes naturales capaces de contrarrestar los efectos del estrés oxidativo subyacentes a la patogenia de numerosas enfermedades (Couto & Couto, 2006).

El polen de abeja presente en las anteras de las flores tiene una longitud que puede estar entre 2,5-250  $\mu\text{m}$ , por otro lado, el polvo de los granos de polen se encuentra rodeado por una pared celular de doble capa. La pared celular interna se denomina intina, mientras que la externa se llama exina. La exina se define por una fuerte resistencia a los factores físico químicos, además en la superficie de cada grano de polen existen numerosos poros que facilitan la adhesión del polen al abdomen de las abejas (Couto & Couto, 2006).

Actualmente el polen de abeja es un producto muy valioso en la industria de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos debido a sus diferentes usos es utilizado como suplemento en la dieta humana por su alto valor nutricional, y al ser producto rico en azúcares, proteínas, lípidos, vitaminas, compuestos antioxidantes y carbohidratos, además de ser considerado un alimento funcional con altos niveles de compuestos bioactivos como fibra dietaría, carotenoides, vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados (da Silva et al., 2014).

### ***Componente nutricional***

La composición del polen de abeja tiene alrededor de 250 sustancias incluido los aminoácidos, lípidos, fosfolípidos, vitaminas, macro y micronutrientes y flavonoides (da Silva et al., 2014). Los compuestos fenólicos son los más fuente abundante de metabolitos secundarios en el polen de abeja, responsable por el color del grano (amarillo, marrón, rojo, morado) y su característico sabor amargo (Bogdanov, 2011). Algunos compuestos fenólicos presentes en el polen son: p-hidroxibenzoico, p-cumárico, vainílico, gálico, ácido ferúlico, quercetina, isorhamnetina, galangina, crisina, pinocembrina (LeBlanc et al., 2009).

Diversos estudios se han enfocado en la cuantificación de vitaminas presentes en el polen, reportando valores entre 14-560,3  $\mu\text{g/g}$  para vitamina C, 13.5 – 43.5  $\mu\text{g/g}$  para vitamina E, 0.55 – 2.10  $\mu\text{g/g}$  para pro-vitamina A y 3.77 – 198.9  $\mu\text{g/g}$  para  $\beta$ -caroteno (Carpes et al., 2007).

El polen se caracteriza por poseer varios carotenos, entre los que destacan el  $\beta$ -caroteno, criptoxantina,  $\beta$ -caroteno-5, 6, 5, 6-diepóxido, zeaxantina, anteraxantina, violaxantina, neoxantina, flavoxantina, luteína, 9/9-(Z)-luteína y luteoxantina (Schulte et al., 2009).

#### **Alimentos de IV Gama o mínimamente procesados**

Los alimentos cuarta gama son aquellas hortalizas y frutas frescas que han sido procesadas mínimamente, con una selección de la materia prima, lavado, desinfección, reducción de tamaño (troceado o rebanado), almacenamiento en frío y envasado (Baskaran et al., 2007). Estos productos se caracterizan por su consumo directo o en preparaciones culinarias rápidas (Rivero, 2018).

Para (Dussán et al., 2014) los productos mínimamente procesados (PMP), son aquellos que se han pelado, cortado, empacado en fresco y se encuentran listos para el consumo, con la ventaja de no requerir algún otro proceso antes de su consumo.

#### ***Dedos de zanahoria***

Los dedos de zanahoria son de tipo cilíndrico, los cuales incluyen secciones obtenidas del corte transversal, con una longitud no menor a 30 mm, además de los trozos del extremo que puedan hallarse (INEN, 2013).

#### **Recubrimientos comestibles**

Las membranas o recubrimientos comestibles son definidos como una matriz continua, que tiene como principales compuestos de su estructura a las proteínas, polisacáridos y lípidos. Las proteínas que se utilizan más son el gluten de trigo, el colágeno, la zeína de maíz, la soja, la caseína y la proteína de suero, dentro de los polisacáridos usados con mayor frecuencia son el alginato, la dextrina, la pectina y los derivados de la celulosa y en los lípidos se incluyen a las ceras, acilgliceroles y ácidos grasos (Ryser, 2004).

La proliferación microbiana, así como el blanqueamiento de la superficie de los alimentos mínimamente procesados pueden controlarse a través de la aplicación de recubrimientos comestibles (Cisneros-zevallos et al., 1997).

Cuando los frutos u hortalizas son recubiertas por un recubrimientos comestibles se tiende a formar una atmósfera modificada en el interior, lo cual reduce la velocidad de respiración, se retrasa el proceso de senescencia y además se crea una barrera a la transferencia de vapor lo cual retarda la deshidratación del producto (Conesa, 2008)(Pérez et al., 2008).

Frecuentemente se añaden plastificantes a las soluciones de formación de los recubrimientos para mejorar las propiedades, los más comunes son el sorbitol, glicerol, manitol, sacarosa y polietilenglicol (Lieberman & Gilbert, 1973). La elasticidad, la resistencia mecánica y las propiedades de barrera disminuyen al utilizar altos niveles del plastificante (Cherian et al., 1995).

Los recubrimientos comestibles permiten añadir una serie de ingredientes activos que tengan diversas funciones, dentro de estas compuestos antimicrobianos, antioxidantes y anti pardeamiento, así como también de nutrientes, colorantes y saborizantes (Taylor & Dhall, 2013). (Ryser, 2004) menciona que los recubrimientos también pueden tener agentes aromatizantes que permiten prolongar la vida útil del alimento y mejorar su seguridad.

En la preparación de algunos tipos de recubrimientos la solución debe ser calentada para la gelificación y coagulación de la proteína, lo que implica una desnaturalización, lo cual viene seguido de un enfriamiento rápido (Ryser, 2004).

### ***Historia***

La historia de los recubrimientos comestibles usados en productos alimenticios se remontan al siglo XII en China, donde se aplicaba ceras a naranjas y limones para retardar la pérdida del agua

(Hardenberg, 1960). En el siglo XVI se recubría con manteca de cerdo como fuente de grasa a los alimentos para controlar la pérdida de humedad (Labuza & Breene, 1989).

### ***Recubrimientos comestibles con características antioxidantes***

Los principales agentes antioxidantes usados como compuestos químicos en los recubrimientos o películas comestibles son el ácido benzoico, ácido sórbico, ácido propiónico, ácido láctico y la nisina, también existen agentes de curado como el cloruro de sodio y nitrito de sodio, además de conservantes naturales como la lizosima y aceites esenciales, compuestos que cumplen con la función de retardan el crecimiento superficial de bacterias, levaduras y mohos en una serie de alimentos (Ryser, 2004).

### **Vida útil**

La vida útil del producto depende directamente de la naturaleza del alimento, pero también de otros factores como el manejo durante su procesamiento, higiene, y la forma de conservación o almacenamiento, así como la temperatura y la humedad (Mercado et al., 2016).

La vida útil se establece tras someter el alimento a condiciones controladas de almacenamiento en alimentos frescos de vida corta, o en productos muy estables, mediante procesos de deterioro acelerado. Los datos que se obtienen se extrapolan para elaborar predicciones en situaciones reales de conservación (Casp & April, 2003).

## Capítulo III

### Materiales y métodos

#### Área de estudio

La investigación se realizó en el campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, ubicado en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Geográficamente se localiza a  $78^{\circ} 24' 44''$  LO,  $0^{\circ} 23' 20''$  LS y 2748 msnm, con una temperatura media anual de  $14^{\circ}\text{C}$ , y precipitación anual de 1300 mm (Arce, 2009).

Para la preparación del recubrimiento comestible y toma de datos de las variables de respuesta, se utilizó el laboratorio de Pos cosecha de la carrera (Figura 4), ubicado geográficamente a  $-0,3910^{\circ}$  de latitud,  $-78,413^{\circ}$  de longitud y 2.739 msnm. Además de también hacer uso del laboratorio de acuicultura, para medir la cantidad de carotenos, laboratorio que se encuentra a  $-0,384^{\circ}$  de latitud,  $-78,414^{\circ}$  de longitud y 2.713 msnm.

#### Figura 4

*Ubicación geográfica de la carrera IASA I*



*Nota.* La figura representa el mapa satelital de la ubicación geográfica del campus del IASA I, tomado de (Google, 2022).

## **Materiales**

### ***Equipos***

- pH metro
- Espectrofotómetro ThermoSpectronic
- Refractómetro Toledo
- Computadora marca acer
- Balanza
- Refrigerador *Indurama*

### ***Insumos de laboratorio***

- Micropipeta de 100 a 1000  $\mu$ L
- Puntas para pipetas
- Gradilla
- Microtubos graduados de 1 mL Eppendorf<sup>TM</sup>
- Vaso de precipitación de 50 mL
- Probeta de 50 mL

### ***Reactivos***

- Acetona (90%)
- Hipoclorito de sodio
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio 1N
- Fenolftaleína

## **Metodología**

### **Obtención del material biológico**

#### ***Zanahorias***

Las zanahorias (*Daucus carota* L), variedad Chantenay, sembradas en un predio del barrio Potreros Altos de Machachi, Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, fueron obtenidas 48 horas luego de su cosecha, y permanecieron en refrigeración durante 48 horas antes de ser procesadas.

Para la selección del mejor material vegetal se basó en los requisitos para zanahorias frescas determinadas bajo la norma INEN 1747 (INEN, 1990).

#### ***Polen de abeja***

El polen de abeja (*Apis mellifera*) fue obtenido en el local “Centro Mundo” ubicado en la parroquia de Sangolquí del cantón Rumiñahui, local que tiene colmenas situadas en el sector del Molinuco, lugar donde las abejas se alimentan principalmente de flores de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), por lo tanto el polen de abeja es clasificado como heterofloral.

### **Extracción del polen liofilizado**

Se realizó una dilución de los granos de polen (30g) en 300 ml de agua destilada fría, para lo cual se realizó la molienda de los granos de polen con la ayuda de un mortero previamente desinfectado, el polvo obtenido de la molienda se colocó en un recipiente estéril junto con el agua destilada y se agitó hasta obtener una dilución homogénea para el proceso de liofilización.

Una vez obtenida la disolución fue colocada dentro de una funda auto sellante, con el fin de llevar a congelación el extracto de polen a -20° C durante 24 horas en una refrigeradora Indurama.

El extracto de polen, luego de pasar 24 horas en congelación fue triturado y colocado sobre papel aluminio para ser llevado al equipo liofilizador fabricado en la ESPE, en el cuál permaneció durante 20 horas a  $-40^{\circ}\text{C}$  y finalmente se guardó en un envase de vidrio desinfectado y hermético, para evitar que gane humedad del ambiente.

### **Recubrimiento comestible**

Para la formulación del recubrimiento comestible se pesó los ingredientes (Tabla 4), para cada tratamiento preparó 300 ml de recubrimiento. Una vez pesado los ingredientes se colocaron en una licuadora industrial y se procedió a licuar durante 10 minutos, seguido se colocó los recubrimientos de cada tratamiento en frascos de vidrio previamente desinfectados, para ser llevados al microondas, en el que se homogeneizó la mezcla durante 3 minutos a  $80^{\circ}\text{C}$  y finalmente se cerró los frascos con una tapa hermética y se puso a refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas.

**Tabla 4**

*Componentes del recubrimiento comestible para cada tratamiento*

<b>Ingredientes</b>	<b>T0 (g)</b>	<b>T1 (g)</b>	<b>T2 (g)</b>	<b>T3 (g)</b>
Aceite de girasol	12	12	12	12
Glicerina	7,5	7,5	7,5	7,5
Tween 80	1,2	1,2	1,2	1,2
Almidón de yuca	6	6	6	6
Principio activo (polen liofilizado)	0	2,25	4,5	9

*Nota.* La tabla representa los ingredientes de los recubrimientos comestibles para cada tratamiento. Tabla de autoría.

### **Desinfección de la zanahoria**

Las zanahorias tuvieron un periodo de pre enfriamiento durante 48 horas a 4°C en una refrigeradora Indurama, previo a la desinfección de forma química, para lo cual se realizó una inmersión de las zanahorias en una solución de hipoclorito de sodio al 2,5% durante 5 min, tiempo recomendado por (Chaidez et al., 2012). Posteriormente se escurrió y se colocó las zanahorias en bandejas para realizar una desinfección con exposición a radiación UV-c (240 nm) durante 7 minutos por cada lado.

### **Corte de la zanahoria en forma de dedos**

Previo al corte en forma de dedos, se quitó la cáscara de la zanahoria con un pelador, para obtener la forma de dedos, se lo realizó con un cortador de papas, el cuál corta dedos con un 1cm de diámetro, de los cuales se clasificó los dedos que tuvieron al menos 9 cm de largo, para cortarlos en esta medida, además de descartar aquellos dedos de la parte central de la raíz, debido a que su firmeza es diferente al de los costados, siguiendo las recomendaciones dadas por la norma (INEN, 1990).

### **Inmersión de los dedos de zanahoria en el recubrimiento comestible**

Previo a colocar el recubrimiento sobre los dedos de zanahoria, se sacó los frascos refrigerados y se agitó para homogenizar, luego se introdujo en los frascos un rodillo con mini esponja de 5 cm x 35 mm para cada tratamiento, se dejó escurrir el exceso de recubrimiento comestible del rodillo y se pasó sobre la superficie de cada dedo, según correspondía el tratamiento.

### **Secado del recubrimiento sobre los dedos de zanahoria**

Se prepararon bandejas de aluminio con palillos de madera cruzados para permitir escurrir el recubrimiento sobrante, posterior se colocaron los dedos de zanahoria sobre la bandeja y se secó el recubrimiento sobre el producto en la estufa durante 60 minutos a 35°C. Luego de secarse los dedos de

zanahoria fueron puestos en clamshells similares a los comerciales por cada tratamiento, para su almacenamiento se lo realizó en un cuarto frío, donde la temperatura fue de 4°C.

### **Variables físico-químicas**

#### ***Pérdida de peso***

Se realizó una comparación del peso inicial y cada tres días durante los 9 días de toma de datos con la ayuda de una balanza digital de 0,001 g de precisión. La medición se tomó por duplicado en 2 dedos de zanahoria, para el cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{p_i - p_f}{p_i} \times 100$$

Donde:

- Pi: peso inicial
- Pf: peso final

#### ***Diferencia de color $\Delta E^*ab$***

Se determinó a través de la aplicación gratuita Color Grab obtenido de la Playstore, aplicación que permite obtener valores de luminosidad a blanco y negro (a-b) y en rangos de rojo a verde y amarillo a azul. Para tomar la foto se utilizó el mismo celular marca Xiaomi, modelo POCO M2010 J19, el cual tiene una cámara de 12 megapíxeles (MP), la foto se tomó a una distancia de 15cm de la muestra, la cual fue colocada dentro de una caja recubierta de aluminio, más una lámpara acoplada. Para determinar un mismo lugar dentro del dedo de zanahoria se delimitó con un adhesivo. En cuanto al cálculo se tomó las fotos a una temperatura ambiente similar en todos los tratamientos. Se tomaron datos por duplicado para obtener un promedio.

Para la evaluación del cambio de color debido al almacenamiento se calculó la diferencia de color  $\Delta E^*_{ab}$  entre el día 0 y el día 9. Esta diferencia se determina según la siguiente ecuación (Francis & Clydesdale, 1975):

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Donde,  $\Delta L^* = (L^*_0 - L^*_9)$ , y  $\Delta a^*$  y  $\Delta b^*$  se definen similarmente.

### ***pH***

De acuerdo a la norma NTE INEN 389 para la determinación de la concentración del ión hidrógeno, se debe usar el método potenciométrico (INEN, 1985a).

Para medir el pH se pesó 25 g de zanahoria y se aforó la muestra con agua destilada a 250 ml, para licuar durante 3 minutos, luego se cernió y se colocó 25ml sobre un frasco desinfectado para ser medido por un pH-metro previamente calibrado.

### ***Acidez titulable***

Se utilizará el mismo extracto obtenido para medir el pH, en el cual se colocará 3 gotas de fenolftaleína y se procede a titular con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N, hasta que exista un leve cambio de coloración a rosa. Una vez obtenido el valor de ml gastados en la titulación se realizará el cálculo de % de acidez utilizando la siguiente fórmula (INEN, 1985b):

$$(\text{Acidez g/1000ml}) = \frac{N_{\text{NaOH}} * V1 * M}{V2} \times 10$$

Siendo:

- A: g de ácido en 1000 ml del producto.
- N: Normalidad de la solución de hidróxido de sodio
- V1: Volumen empleado en la titulación, en ml.

- M: Peso molecular del ácido considerado como referencia (ácido cítrico 192,12 g/mol).
- V2: Volumen de la muestra tomada para el análisis, en ml.

Para el análisis de los resultados se trabajó la acidez en base al porcentaje.

### ***Grados Brix***

Los °Brix se midieron utilizando un refractómetro digital marca Toledo, en el cual se tomó aproximadamente 3 ml del jugo de zanahoria, obtenido previamente del procedimiento para la medición del pH, se realizó una lectura por duplicado de los grados Brix y el resultado fue multiplicado por 10 debido a la dilución que se realizó.

### ***Firmeza (kg-f)***

Para obtener la firmeza, se realizó dos lecturas, a la mitad del dedo de zanahoria, realizándose en lados opuestos, con el fin de tener un valor promedio. Se utilizó un penetrómetro marca Iberoamericana de 0-13 kg-f, con punta cónica, de 0.3 mm de diámetro en la base y 0.5 mm de altura.

### ***β-carotenos***

(Hanchinal et al., 2008) menciona que una mayor absorbancia del contenido de carotenos en zanahoria se obtiene a 450 nm. Dato tomando en cuenta para la medición de la espectrofotometría.

Para la obtención de carotenoides se lo realizó a través de la metodología descrita por (Luna Guevara et al., 2014). Se guardó el jugo obtenido de los análisis para pH de cada tratamiento en frascos plásticos y se congelaron durante 3 semanas previas a ser analizadas. Con la ayuda de una micropipeta de 1000 uL se tomó 0,5 mL del jugo de zanahoria y se diluyó con 1 mL de acetona al 90 % v/v dentro de los microtubos graduados Eppendorf™ de 1 mL, posteriormente se agitaron los tubos y se esperó 1 minuto para que exista la separación de las fases, el sobrenadante y el precipitado. Se tomó únicamente el sobrenadante para colocar en la celda, con el fin de leer la absorbancia en el equipo de espectrofotometría ThermoSpectronic, a 450 nm, donde el agua destilada se utilizó como blanco.

Para realizar el cálculo de la cantidad de  $\beta$ -carotenos se pesó la celda de espectrofotometría y se midió el volumen que iría en cada una para su lectura y se calculó la cantidad de  $\mu\text{g}$  de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{ug de } \beta\text{-caroteno} \frac{\text{equiv}}{100\text{g}} = \frac{V \times A \times 10^6}{\text{PM (g)} \times 100 \times A_{1\text{cm}}^{1\%}}$$

Donde:

- A= Absorbancia de la muestra
- V= Volumen total del extracto
- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$  = Coeficiente de absortividad del  $\beta$ -caroteno (2500)
- Pmx = Peso de muestra en gramos

### Variable microbiológica

Para el análisis microbiológico se utilizó una prueba dicotómica, donde se determinó la presencia o ausencia de microorganismos en cada tratamiento durante los 0, 3, 6 y 9 días de almacenamiento. El análisis se realizó con tablas de contingencia para establecer la asociación entre el contenido de polen en los diferentes tratamientos con la presencia de los microorganismos. Para lo cual se plantearon las siguientes hipótesis, con una  $p < 0,05$ :

H0: No existe asociación entre los diferentes tratamientos y la presencia de microorganismos.

H1: Existe asociación entre los diferentes tratamientos y la presencia de microorganismos.

### Análisis sensorial

Para la evaluación, se contó con la participación de un panel de 5 jueces semi entrenados, de edades entre 23 a 26 años (5 hombres), todos miembros de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE". Se realizó una prueba hedónica de cinco puntos para los atributos de olor, color, sabor y textura.

Donde valores cercanos a 1 significaban un mayor agrado y valores cercanos al 5 un disgusto de los atributos evaluados para los catadores. La evaluación fue realizada al cuarto día de almacenamiento de los dedos de zanahoria, codificando los dedos con una numeración aleatorizada para cada tratamiento.

### Vida útil

El tiempo de vida útil máximo de los dedos de zanahoria se midió usando como variable a la firmeza (kg-f), que fue la variable que presentó diferencias significativas en el ANAVA, además de presentar un mejor comportamiento hasta el día 9 de evaluación. El cálculo se realizó con la siguiente ecuación cinética de primer orden (Labuza, 1982):

$$A = A_0 e^{-kt}$$

Donde:

- A: calidad al tiempo t
- A<sub>0</sub>: calidad al tiempo inicial
- k: constante de la reacción

Linealizando la ecuación:

$$\ln A = \ln A_0 - kt$$

Tiempo de vida útil:

$$t = (\ln A - \ln A_0) / k$$

## Diseño Experimental

### *Tratamientos a probar*

**Tabla 5**

#### *Tratamientos a probar experimentalmente*

<b>Factor</b>	<b>Simbología</b>	<b>Niveles</b>	<b>Tratamientos</b>
Concentraciones del extracto de polen liofilizado	C	C1 = 0%	T0 = Recubrimiento comestible con 0% de polen de abeja liofilizado.
		C2 = 0.75%	T1 = Recubrimiento comestible con 0,75% de polen de abeja liofilizado.
		C3 = 1.5%	T2 = Recubrimiento comestible con 1,5% de polen de abeja liofilizado.
		C4 = 3%	T3 = Recubrimiento comestible con 3% de polen de abeja liofilizado.

*Nota.* La tabla representa los tratamientos de acuerdo a los niveles de concentración de polen liofilizado en el recubrimiento comestible. Tabla de autoría.

### ***Manejo del experimento***

El día 17 de junio se aleatorizaron los cuatro tratamientos con las 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental que consistía en un clamshell transparente estuvo conformada por 17 dedos de zanahoria, donde cada dedo pesaba aproximadamente 9 g. Se dividió el recipiente con los dedos para su análisis en un intervalo regular de tiempo (0, 3, 6 y 9 días de almacenamiento), para lo cual se utilizaron 192 dedos para las variables destructivas (pH, °Brix, acidez titulable, cantidad de carotenoides y firmeza), 36 dedos de zanahoria para las variables no destructivas (pérdida de peso, color y análisis microbiológico). Teniendo un total de 228 dedos de zanahoria por todo el estudio, cantidades resumidas de acuerdo a la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Cantidad de dedos de zanahoria necesarios para la investigación*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidades</b>
Dedos/Tratamiento	17
Dedos/VARIABLES destructivas	192
Dedos/VARIABLES no destructivas	36
Dedos /proyecto	228
Dedos /zanahoria	5
Zanahorias	38

*Nota.* La tabla representa la cantidad de dedos de zanahoria utilizadas por tratamiento, variables y las que se obtienen por cada zanahoria. Tabla de autoría.

***Variables a medir***

- Pérdida de peso
- Diferencia de color
- pH
- Acidez titulable
- °Brix
- Firmeza
- $\beta$ -carotenos
- Presencia o ausencia de microorganismos
- Atributos sensoriales

- Vida útil

### **Tipo de diseño**

El tipo de diseño es DCA con parcelas divididas en el tiempo +1 control, con tres repeticiones para las variables físico- químicas.

El modelo matemático es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \delta_{k(i)} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

- $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta en la parcela grande i (tratamientos), parcela pequeña j (días) y repetición k
- $\mu$  = Media general
- $A_i$  = Efecto principal de la parcela grande i
- $\delta_{k(i)}$  = Error para la parcela grande
- $B_j$  = Efecto principal de la parcela pequeña j
- $(AB)_{ij}$  = Interacción de la parcela grande i con la parcela pequeña j
- $\varepsilon_{ij}$  = Error para la parcela pequeña

### **Análisis estadístico**

Las variables físico químicas se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar). Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza utilizando modelos mixtos. Además las variables y sus interacciones se analizaron por pruebas de comparación de medias LSD al 5%. Todos los análisis fueron realizados mediante el software estadístico InfoStat (Di Renzo et al., 2017), en conjunto con una interfaz del software estadístico R.

Para la variable microbiológica se usó tablas de contingencia, con el fin de asociar la variable a los diferentes tratamientos, además que en el análisis sensorial se realizó un análisis de DBCA en InfoStat con una comparación de medias de Tukey a un nivel de confiabilidad del 95%.

### ***Croquis del diseño***

**Figura 5**

*Distribución aleatorizada del experimento*

<b>T1R2</b>		<b>T0R3</b>		<b>T1R1</b>		<b>T3R3</b>
0	3	9	3	9	6	3
9	6	6	0	3	0	6
<b>T0R1</b>		<b>T3R2</b>		<b>T2R3</b>		<b>T2R2</b>
6	0	0	6	0	9	3
3	9	3	9	6	3	9
<b>T3R1</b>		<b>T2R1</b>		<b>T0R2</b>		<b>T1R3</b>
9	3	6	0	3	6	6
6	0	9	3	0	9	9
						0
						3

*Nota.* Croquis del diseño experimental por parcelas divididas. Tabla de autoría.

Para el croquis se planteó de acuerdo al diseño de parcelas divididas, donde la parcela grande fue el tratamiento con las diferentes concentraciones de polen liofilizado más el testigo T0, mientras que la parcela pequeña fueron los días de evaluación (0,3, 6 y 9 días) para las tres repeticiones.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### Resultados

##### Extracto liofilizado de polen (*Apis mellifera*)

Para el extracto liofilizado se estableció que un mejor resultado se obtenía sin el uso de maltodextrina como encapsulante, para lo cual solo se trituró los granos de polen y se disolvió en agua destilada, para su posterior congelación a  $-15^{\circ}\text{C}$  y liofilización a  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $-3500\text{ mPa}$ . Se tuvo una liofilización transcurridas 20 horas. Las cantidades utilizadas para la formulación de los 300 ml de los diferentes recubrimientos se resumen en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Componentes para la obtención del extracto liofilizado de polen*

Componentes	Cantidad	Unidad
Agua destilada	300	ml
Granos de polen de abeja	30	g

*Nota.* Cantidades de agua destilada y polen de abeja para obtener liofilizado de polen. Tabla de autoría.

La cantidad de polen liofilizado final fue de 27 g, por lo tanto en el proceso de liofilización se tuvo el 90% del rendimiento y la cantidad de agua perdida en el proceso fue mínima. El liofilizado presentó un color mostaza al final del proceso.

#### Recubrimiento comestible

Para la formulación se utilizaron los mismos porcentajes para los ingredientes, a excepción del principio activo en el que se utilizaron concentraciones de polen a 0 %, 0.75%, 1.5% y 3%, lo cual hizo que se presentaran ciertas características sensoriales y físicas evidentes, resumido en la Tabla 8.

**Tabla 8***Características de los recubrimientos comestibles*

Formulación	Color	Olor a polen	Acidez
T0 (0% polen liofilizado)	Blanco	Ninguno	Bajo
T1 (0.75% polen liofilizado)	Crema	Bajo	Medio
T2 (1,5% polen liofilizado)	Café claro	Medio	Medio
T3 (3% polen liofilizado)	Café oscuro	Alto	Medio-Alto

*Nota.* La tabla representa las características de color, olor a polen y acidez en las cuatro formulaciones de los recubrimientos comestibles. Tabla de autoría.

**Figura 6***Recubrimientos comestibles con diferentes concentraciones de polen liofilizado*

*Nota.* La figura demuestra las diferencias de color por cada tratamiento. Elaborado por Quiroz Ortiz, Sharline Dejaneira.

Las formulaciones para cada tratamiento presentaron un color café más intenso conforme se aumentaba la concentración de polen en el recubrimiento comestible.

### Variables físico- químicas

No se encontró un efecto significativo de la interacción Tratamientos \*Días para las variables de firmeza y  $\beta$ -carotenos, pero si existió un efecto significativo de esta interacción para las variables de pérdida de peso ( $F = 2,41$ ;  $p = 0,0325$ ), pH ( $F = 4,58$ ;  $p = 0,0006$ ), acidez titulable ( $F = 7,14$ ;  $p < 0,001$ ), y °Brix ( $F = 3,04$ ;  $p = 0,0096$ ).

Para el nivel de tratamiento si existió un efecto significativo en la pérdida de peso ( $F = 6,42$ ;  $p = 0,0016$ ), pH ( $F = 29,15$ ;  $p < 0,0001$ ), acidez titulable ( $F = 14,63$ ;  $p < 0,001$ ), y firmeza ( $F = 14,43$ ;  $p < 0,0001$ ), sin embargo no existió un efecto significativo para las variables de °Brix y  $\beta$ -carotenos.

Para los días se encontraron diferencias significativas en todas las variables físico-químicas evaluadas ( $p = 0,001$ ).

**Tabla 9**

*ANAVA de las variables físico-químicas*

Fuente de variación	gl	Pérdida de peso (%)	pH	Acidez titulable (%)	Firmeza (kg-f)	°Brix	$\beta$ -carotenos
Tratamiento	3	$p = 0,0016$	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	$p = 0,9156$	$p = 0,3204$
Días	3	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	$p = 0,0001$	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$
Tratamiento*Días	9	$p = 0,0325$	$p = 0,006$	$p < 0,0001$	$p = 0,8126$	$p = 0,0096$	$p = 0,7364$

*Nota.* La tabla representa los grados de libertad (gl) y las probabilidades obtenidas del análisis estadístico a través de InfoStat para las variables físico-químicas. Tabla de autoría.

**Tabla 10***Media  $\pm$  desviación de las variables físico-químicas evaluadas en dedos de zanahoria*

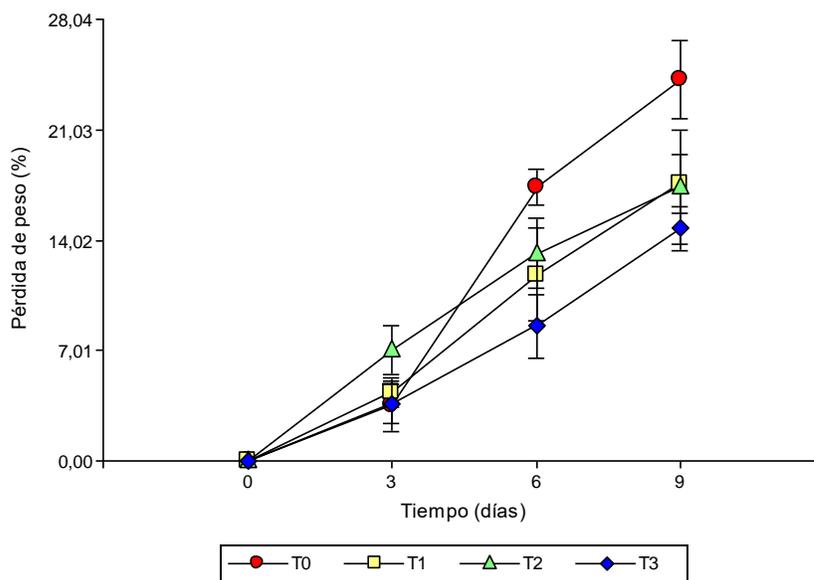
Días	Tratamiento	Pérdida de peso (%)	pH	Acidez (% ácido cítrico)	Firmeza (kg-f)	°Brix	$\beta$ -carotenos ( $\mu$ g/100g)
0	T0	0,00 $\pm$ 0,00g	6,17 $\pm$ 0,05ab	0,006 $\pm$ 0,001cd	3,30 $\pm$ 0,62bcde	7,18 $\pm$ 0,24bc	1,12 $\pm$ 0,21abc
	T1	0,00 $\pm$ 0,00g	5,71 $\pm$ 0,13bc	0,007 $\pm$ 0,002bc	3,40 $\pm$ 0,40bcd	8,55 $\pm$ 0,62a	1,20 $\pm$ 0,29ab
	T2	0,00 $\pm$ 0,00g	6,20 $\pm$ 0,05a	0,006 $\pm$ 0,001cde	4,33 $\pm$ 0,25a	7,17 $\pm$ 0,20bcd	1,26 $\pm$ 0,06a
	T3	0,00 $\pm$ 0,00g	6,03 $\pm$ 0,15ab	0,007 $\pm$ 0,001b	4,03 $\pm$ 0,45ab	7,62 $\pm$ 0,26ab	0,99 $\pm$ 0,18abcd
3	T0	3,49 $\pm$ 2,73fg	5,61 $\pm$ 0,04bcd	0,005 $\pm$ 0,001efgh	3,00 $\pm$ 0,62cdef	6,27 $\pm$ 0,60cdef	0,99 $\pm$ 0,28abcd
	T1	4,36 $\pm$ 1,66efg	5,57 $\pm$ 0,08cd	0,006 $\pm$ 0,001bcd	2,77 $\pm$ 0,60cdef	7,23 $\pm$ 0,16bc	1,10 $\pm$ 0,27abc
	T2	7,03 $\pm$ 2,72def	5,65 $\pm$ 0,06bc	0,005 $\pm$ 0,001cdef	3,83 $\pm$ 0,15b	6,72 $\pm$ 0,33bcde	1,03 $\pm$ 0,24abc
	T3	3,61 $\pm$ 2,14fg	5,49 $\pm$ 0,06cde	0,005 $\pm$ 0,001defg	3,37 $\pm$ 0,57bcd	6,37 $\pm$ 0,62cdef	0,93 $\pm$ 0,15bcd
6	T0	17,41 $\pm$ 1,99b	5,28 $\pm$ 0,23cde	0,004 $\pm$ 0,001fgh	3,00 $\pm$ 0,52cdef	5,75 $\pm$ 0,82ef	0,87 $\pm$ 0,22bcdef
	T1	11,82 $\pm$ 5,07cd	4,13 $\pm$ 0,42g	0,005 $\pm$ 0,000cdefg	2,43 $\pm$ 0,70def	5,67 $\pm$ 0,40ef	0,85 $\pm$ 0,10cdef
	T2	13,17 $\pm$ 3,89bcd	5,22 $\pm$ 0,26de	0,004 $\pm$ 0,001fgh	3,50 $\pm$ 0,20bc	6,43 $\pm$ 0,38bcdef	0,80 $\pm$ 0,08def
	T3	8,55 $\pm$ 3,51de	5,33 $\pm$ 0,31cde	0,005 $\pm$ 0,001efgh	2,97 $\pm$ 0,15cdef	5,82 $\pm$ 0,65def	0,90 $\pm$ 0,13bcde
9	T0	24,21 $\pm$ 4,31a	4,59 $\pm$ 0,71fg	0,004 $\pm$ 0,001fgh	2,90 $\pm$ 0,56cdef	7,03 $\pm$ 0,68 bcd	0,63 $\pm$ 0,09 ef
	T1	17,61 $\pm$ 3,18b	3,39 $\pm$ 0,07h	0,010 $\pm$ 0,002a	2,10 $\pm$ 0,78f	5,40 $\pm$ 0,87 f	0,71 $\pm$ 0,11def
	T2	17,37 $\pm$ 6,21bc	4,54 $\pm$ 0,14fg	0,004 $\pm$ 0,001gh	3,17 $\pm$ 0,29cde	6,57 $\pm$ 1,81bcdef	0,73 $\pm$ 0,06def
	T3	14,77 $\pm$ 2,41bc	4,62 $\pm$ 0,50f	0,003 $\pm$ 0,001h	2,40 $\pm$ 0,36f	6,62 $\pm$ 1,15bcde	0,63 $\pm$ 0,04f

*Nota.* T0: Recubrimiento sin liofilizado de polen, T1: Recubrimiento con 0,75% de liofilizado de polen, T2: Recubrimiento con 1,5% de liofilizado de polen, T3: Recubrimiento con 3% de liofilizado de polen. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Tabla de autoría.

### ***Pérdida de peso (%)***

**Figura 7**

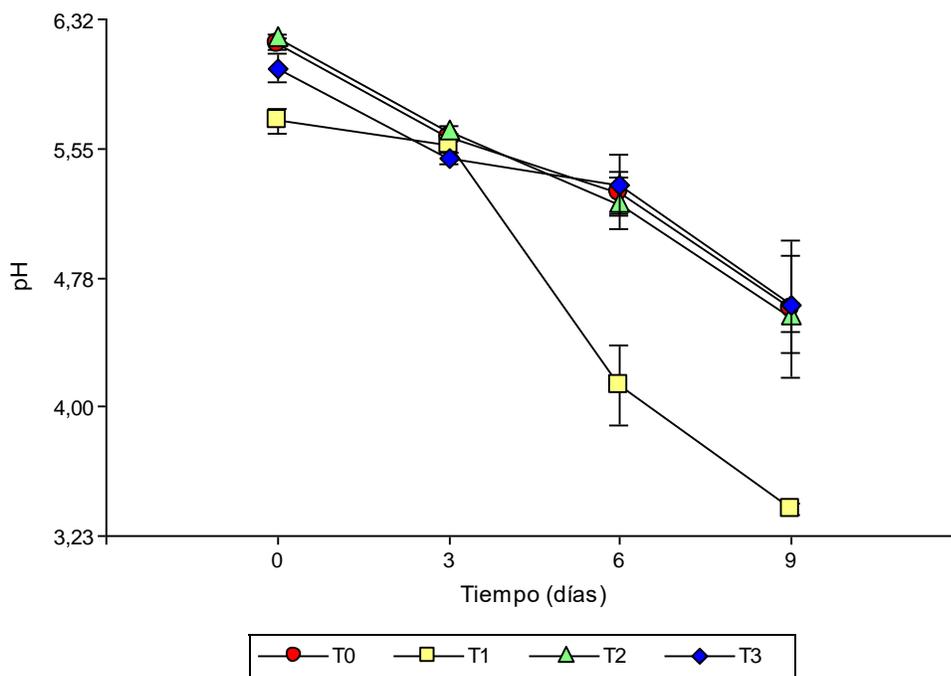
*Porcentaje de pérdida de peso en dedos de zanahoria*



*Nota.* La figura representa un diagrama de perfiles multivariados para la pérdida de peso (%) hasta los 9 días de almacenamiento. Gráfico de autoría.

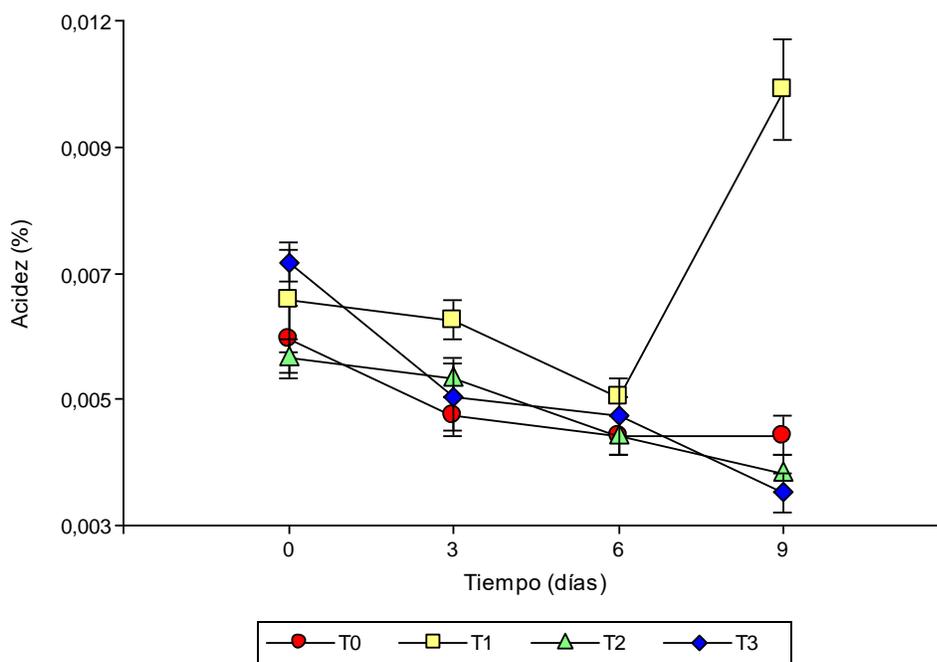
Los dedos de zanahoria tendieron a presentar una pérdida de peso gradual desde el día 0 al día 9 de almacenamiento. El tratamiento control tuvo un mayor porcentaje de pérdida de peso (24,21%) respecto al resto de tratamientos al día 9 de evaluación, lo que significa que presentó una menor retención de agua como respuesta fisiológica a la deshidratación y transpiración dentro de los recipientes. Entre todos los tratamientos el óptimo fue el T3 al día 9 de evaluación, con una pérdida de peso del 14,77% (Tabla 10).

Todos los tratamientos a excepción del T2, presentaron una apariencia húmeda y viscosa al día 9 de evaluación, debido a la humedad relativa que se presentó al interior de los clamshells.

**pH****Figura 8***pH de dedos de zanahoria*

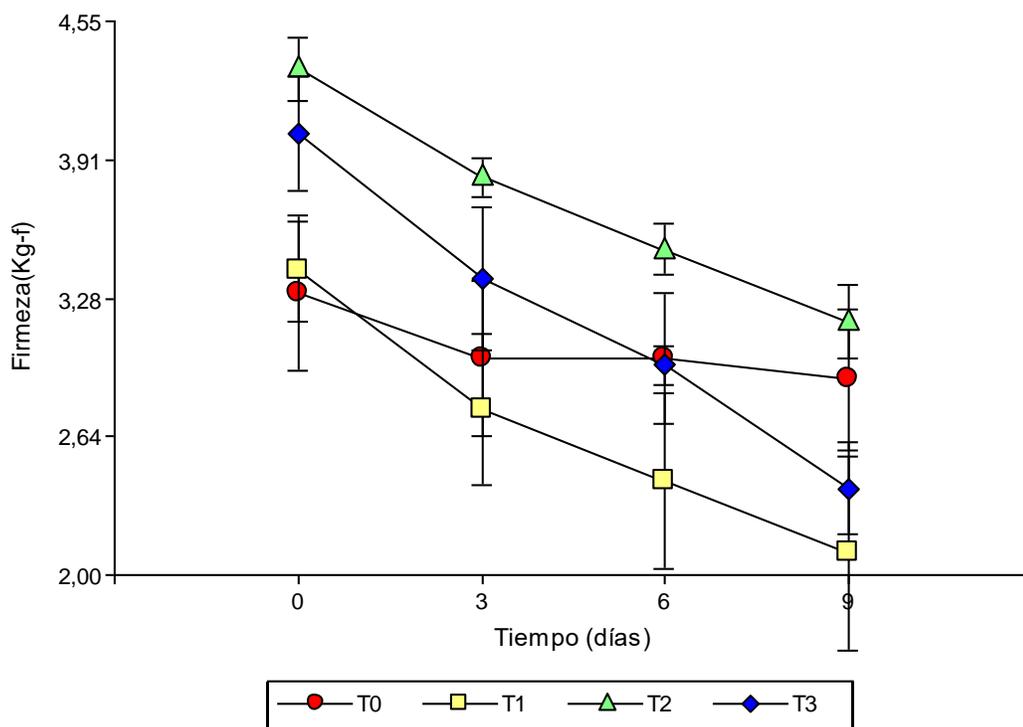
*Nota.* La figura representa un diagrama de perfiles multivariados para el pH hasta los 9 días de almacenamiento. Gráfico de autoría.

Todos los tratamientos disminuyeron gradualmente el valor de pH para el último día de evaluación, sin embargo el valor más bajo fue para el T1 desde el día 3 al día 9 de evaluación, que estaría relacionado con el pH del recubrimiento, que fue de 3.5, valor que se encuentra por debajo del pH del resto de recubrimientos. Esto se puede asociar a que en este tratamiento existió contaminación por hongos, los que tienden a generar cambios en el pH del alimento.

**Acidez titulable (%)****Figura 9***Acidez titulable (%) en dedos de zanahoria*

*Nota.* La figura representa un diagrama de perfiles multivariados para la acidez titulable (%) hasta los 9 días de almacenamiento. Gráfico de autoría.

La variable acidez titulable tuvo un comportamiento contrario al pH para el tratamiento T1, que al día 9 de evaluación se incrementó hasta el 0,1% de acidez (Tabla 10). En el resto de tratamientos el porcentaje de acidez fue disminuyendo gradualmente conforme avanzaron los días de almacenamiento de los dedos de zanahoria. Sin embargo para el tratamiento testigo T0 también existió un ligero incremento de la acidez al último día de evaluación.

**Firmeza (Kg-f)****Figura 10***Firmeza (kg-f) en dedos de zanahoria*

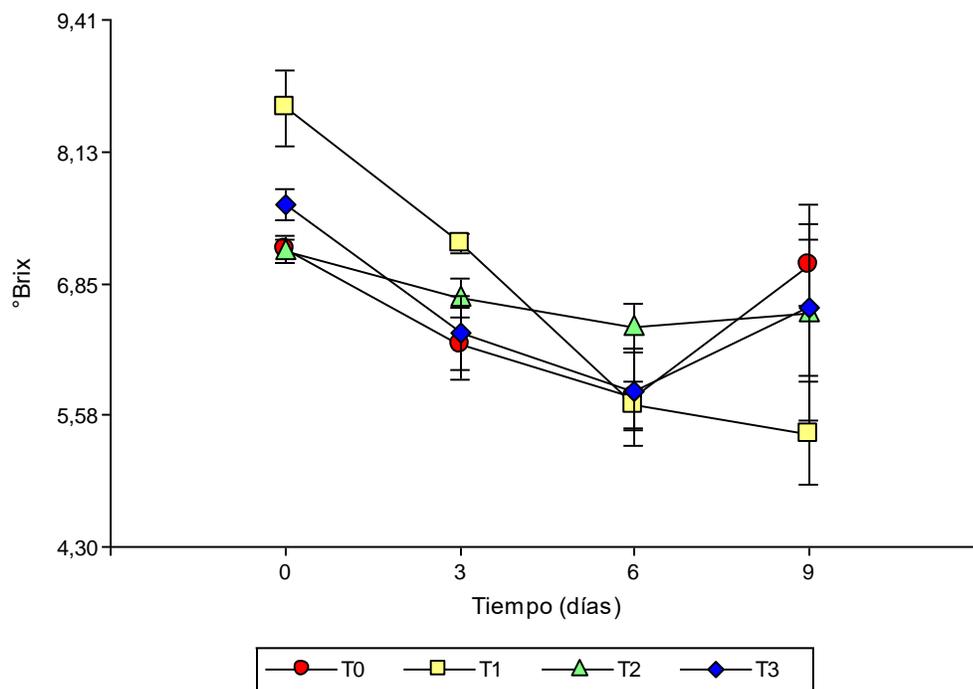
*Nota.* La figura representa un diagrama de perfiles multivariados para la firmeza (kg-f) hasta los 9 días de almacenamiento. Gráfico de autoría.

En la variable firmeza, el mejor tratamiento durante el primer y el último día de evaluación al día 9 de almacenamiento fue el T2, que presentó una mayor firmeza (3,17 kg-f) al día 9 de evaluación respecto al resto de tratamientos. Además, los dedos de zanahoria en el T1 tuvieron una menor firmeza, que estuvo dada principalmente por la presencia de hongos en la superficie de los mismos.

## °Brix

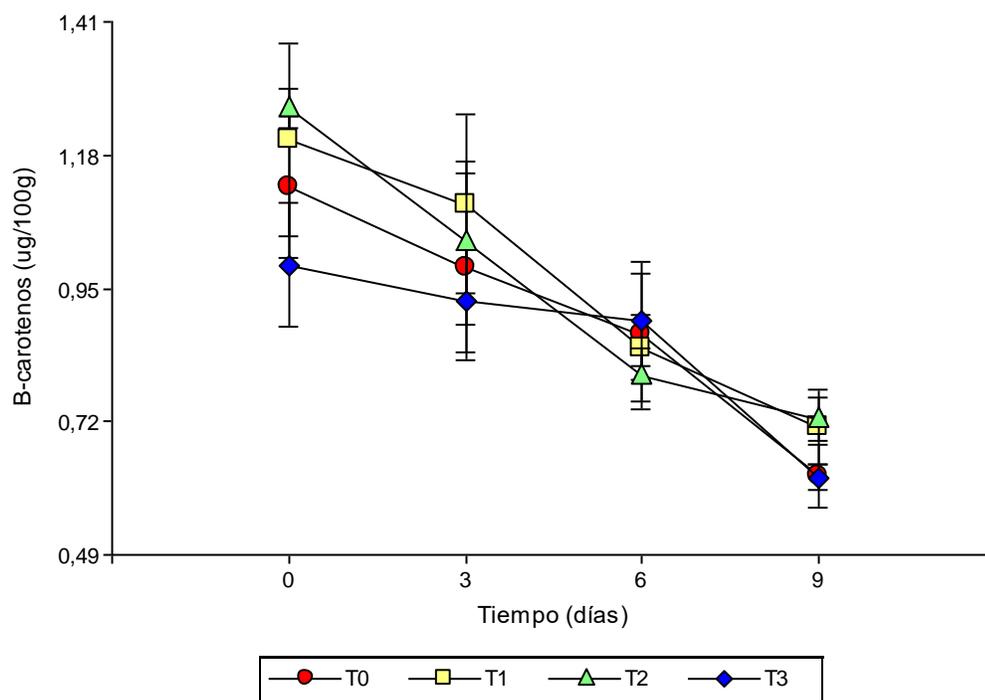
Figura 11

°Brix en dedos de zanahoria



*Nota.* La figura representa un diagrama de perfiles multivariados para el ° Brix hasta los 9 días de almacenamiento. Gráfico de autoría.

Los ° Brix tuvieron una disminución gradual para los tratamientos T2 y T1 que se pudo deber a la degradación de los dedos de zanahoria. Sin embargo desde el día 6 al 9 de evaluación los tratamientos T0 y T3 incrementaron la cantidad de °Brix, esto se puede deber a que al perder un mayor porcentaje de peso el tratamiento testigo T0 concentró una mayor cantidad de azúcares ya existentes, si se compara con el resto de tratamientos con recubrimientos.

***$\beta$ -carotenos ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )*****Figura 12***Cantidad de B-carotenos ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) en dedos de zanahoria*

*Nota.* La figura representa un diagrama de perfiles multivariados para el contenido de  $\beta$  carotenos ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) hasta los 9 días de almacenamiento. Gráfico de autoría.

Para los  $\beta$ -carotenos no existieron diferencias significativas entre tratamientos ni en la interacción entre tratamientos\*días al día 9 de evaluación. Sin embargo los valores tuvieron una disminución gradual desde el primer día al último día de evaluación.

***Diferencia de color  $\Delta E^*ab$*** 

Para el análisis estadístico de la diferencia del color se utilizó un DCA, con una comparación de medias de Tukey a una  $p = 0,05$ .

**Tabla 11**

*Media  $\pm$  desviación estándar de la diferencia de color  $\Delta E^*ab$*

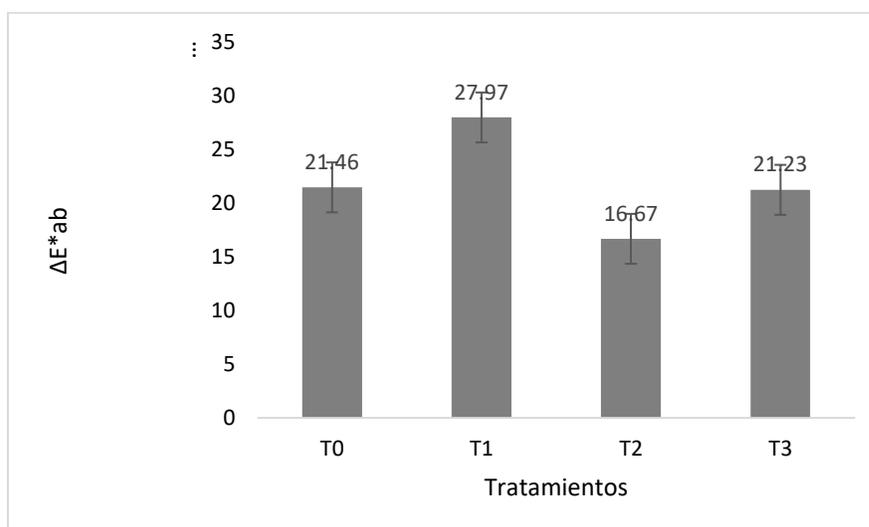
Variable	T0	T1	T2	T3	p-valor
$\Delta E^*ab$	21,46 $\pm$ 15,54 a	27,97 $\pm$ 8,45 a	16,67 $\pm$ 7,63a	21,23 $\pm$ 8,95 a	0.647

*Nota.* T0: Recubrimiento sin liofilizado de polen, T1: Recubrimiento con 0,75% de liofilizado de polen, T2: Recubrimiento con 1,5% de liofilizado de polen, T3: Recubrimiento con 3% de liofilizado de polen. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).Tabla de autoría.

Estadísticamente no existieron diferencias significativas para la diferencia de color  $\Delta E^*ab$  entre el día 0 y el día 9 de almacenamiento, ( $p= 0,647$ ). Sin embargo la menor variación del cambio del color al comparar el color final con el inicial numéricamente tuvo el tratamiento T2.

**Figura 13**

*Diferencia de color  $\Delta E^*ab$  en dedos de zanahoria*



*Nota.* Diagrama de barras con las medias de la diferencia de color por cada tratamiento. Gráfico de autoría.

Se evidenció que no existió un blanqueamiento evidente, sin embargo algunos dedos de zanahoria si presentaron pardeamiento que podría estar asociado a los cambios fisiológicos como la oxidación de carotenoides.

### **Análisis microbiológico**

**Tabla 12**

*Tabla de contingencia con frecuencia absoluta de presencia de hongos por tratamiento*

<b>Presencia</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>Total</b>
NO	9	9	12	11	41
SI	3	3	0	1	7
Total	12	12	12	12	48

*Nota.* La tabla representa los valores totales por cada repetición y tratamiento de la presencia de hongos sobre los dedos de zanahoria. Tabla de autoría.

De acuerdo a la tabla 12 se resumen la cantidad total de dedos de zanahoria que fueron afectados por microorganismos durante los 9 días de almacenamiento, donde se evidenció una afectación por hongos para todos los tratamientos a excepción del T2.

**Tabla 13**

*Tabla de contingencia para la presencia o ausencia de microorganismos*

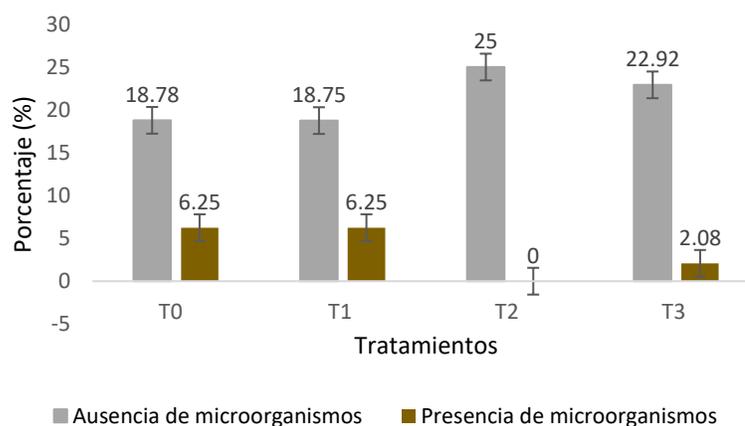
<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Chi Cuadrado Pearson	4.52	3	0,211
Chi Cuadrado MV-G2	6.00	3	0,111
Coef.Conting.Cramer			0,22
Coef.Conting.Pearson			0,29

*Nota.* La tabla representa el ANAVA realizado en el programa estadístico InfoStat. Tabla de autoría.

Como indica la (Tabla 13), no existe una asociación entre el porcentaje de polen utilizado en los recubrimientos comestibles respecto a la presencia o ausencia de microorganismos ( $p = 0,211$  y  $\alpha = 0,05$ ).

**Figura 14**

*Porcentaje de dedos de zanahoria con microorganismos en cada tratamiento*



*Nota.* La figura representa los valores en % de dedos de zanahoria con hongos presentes en la superficie. Gráfico de autoría.

El porcentaje de ausencia de microorganismos se reduce en los tratamientos que tienen mayor concentración de polen en el recubrimiento (Figura 14). En el tratamiento 2 con 1,5 % de polen liofilizado no existe presencia de hongos, mientras que en el tratamiento 3 con 3 % de polen liofilizado en el recubrimiento existe el 2,08% de presencia de hongos.

### **Análisis sensorial**

En el análisis sensorial existieron diferencias significativas tanto para el olor ( $p = 0.0379$ ) como para el color ( $p = 0.0269$ ). Sin embargo, para el sabor y textura no existieron diferencias significativas.

**Tabla 14**

*Media  $\pm$  desviación estándar para los atributos del análisis sensorial*

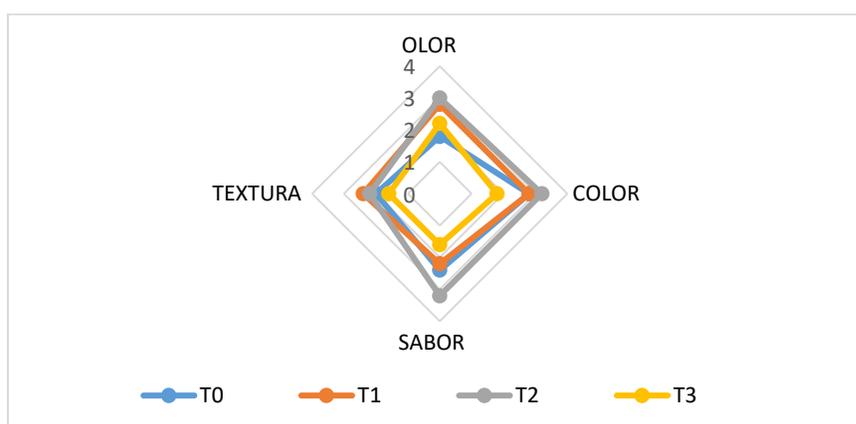
Atributos	T0	T1	T2	T3
<b>Olor</b>	1,8 $\pm$ 0,84 b	2,8 $\pm$ 0,84 ab	3 $\pm$ 0,71 a	2,2 $\pm$ 0,71 ab
<b>Color</b>	2,8 $\pm$ 0,84 ab	2,8 $\pm$ 1,30 ab	3,2 $\pm$ 0,45 a	1,8 $\pm$ 0,45 b
<b>Sabor</b>	2,4 $\pm$ 1,14 a	2,2 $\pm$ 1,10 a	3,2 $\pm$ 0,84 a	1,6 $\pm$ 0,84 a
<b>Textura</b>	2 $\pm$ 1,41 a	2,4 $\pm$ 1,14 a	2,2 $\pm$ 1,64 a	1,6 $\pm$ 1,64 a

*Nota.* En la tabla se considera que valores cercanos a 1 representan la mayor calificación al criterio evaluado y 5 el menor puntaje de calidad. Tabla de autoría.

El mejor tratamiento dentro de los que presentaron diferencias significativas fue el T0 para el olor, con un valor cercano a 1, lo que de acuerdo a la prueba hedónica refleja un mayor agrado al catador. Por otro lado para el color el mejor tratamiento fue el T3 con una media de (1,8), valor cercano a 2, que de acuerdo a la prueba hedónica significa que les gustó moderadamente.

**Figura 15**

*Valores de la prueba hedónica para los atributos sensoriales*



*Nota.* Valores cercanos a 1 significan una buena puntuación a los atributos, mientras que una más cercana a 5 significa menor agrado de los atributos.

Gráfico de autoría.

## Vida útil

Para determinar la vida útil se utilizó como referencia la variable de firmeza (kg-f), con los promedios de cada tratamiento durante los 0,3, 6 y 9 días de evaluación (Tabla 10).

El cálculo se lo realizó tomando como referencia una firmeza adecuada máxima aceptable para el consumidor al valor de 3 kg-f, dato representado en el tratamiento testigo al día 6 de evaluación.

**Tabla 15**

*Vida útil en días para cada tratamiento*

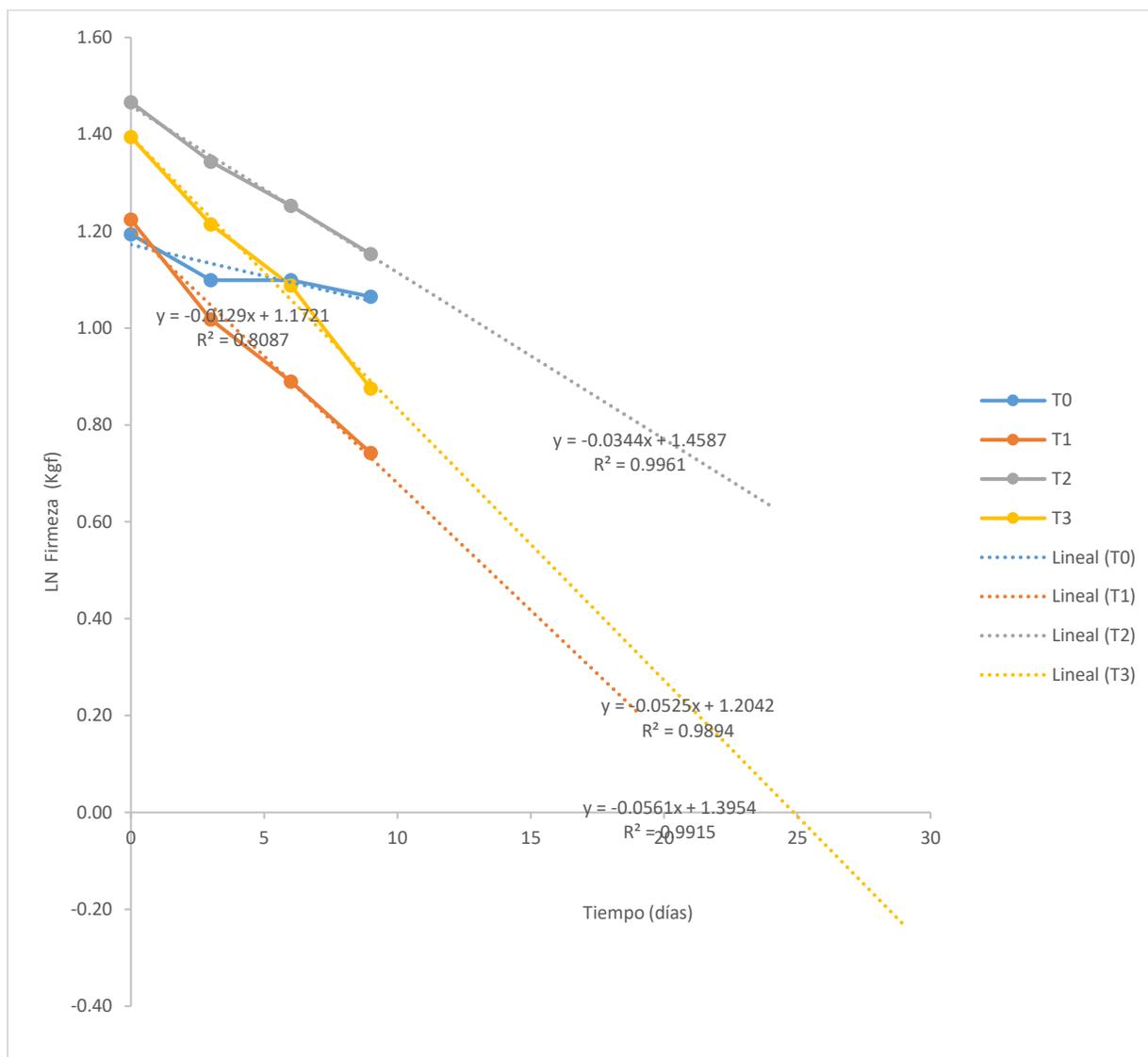
Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Ecuación vida útil	$y = -0.0129x + 1.1721$	$y = -0.0525x + 1.2042$	$y = -0.0344x + 1.4587$	$y = -0.0561x + 1.3954$
R <sup>2</sup>	0.808	0.989	0.996	0.992
Tiempo máximo de vida útil (días)	6	2	11	5

*Nota.* La tabla representa las ecuaciones de regresión lineal y el tiempo de vida útil en días para los dedos de zanahoria con la variable firmeza (kg-f). Tabla de autoría.

Con la ecuación establecida por (Labuza & Breene, 1989) y el límite de aceptación de 3kg-f de la firmeza en zanahoria para el consumo, se evidenció que el tratamiento más efectivo fue el T2, que alarga el tiempo de vida útil de los dedos de zanahoria hasta los 11 días, respecto al resto de tratamientos (Tabla 15). Donde el T1 por su afectación microbiológica tuvo una mayor pérdida de firmeza que reduce su tiempo de vida útil a apenas 2 días.

Figura 16

*Ln de la firmeza (kg-f) vs tiempo*



*Nota.* La figura representa la relación entre el logaritmo natural de los datos promedio de la firmeza (kg-f) respecto al con ecuaciones de regresión. Gráfico de autoría.

## Discusión

### Extracto liofilizado de polen de abeja (*Apis mellifera*)

La materia prima usada en la investigación para la liofilización fueron granos de polen obtenidos de abejas que tienen un mayor contacto con flores de eucalipto y de trébol, de mieles obtenidas en apiarios de las zonas cercanas al refugio ecológico Molinuco, a 3 Km del IASA 1. Al realizar el liofilizado del extracto de polen se tuvo una coloración mostaza. Para lo cual (Enache & Anghel, 2019) afirma que los granos de polen del trébol rojo (*Trifolium pratense*) tiende a marrón, mientras que (Barth et al., 2009) asegura que el polen de abeja de las flores de eucalipto tienen una gama de colores que van del amarillo al marrón. Además que esta coloración estaría asociada al mayor contenido de carotenos que tiene el polen (Kayacan et al., 2018).

El extracto de polen de abeja tiene muchos procedimientos para obtenerlo, en la investigación realizada por (Almeida et al., 2016) se utilizan solventes orgánicos como el etanol con el fin de elaborar el extracto, para lo cual (Carpes et al., 2007) afirman que el extracto de polen obtenido con etanol tiene niveles más altos de compuestos fenólicos, además (Rzepecka et al., 2012) menciona que el uso de extractos de etanol de polen de abeja digerido con pepsina (EPPP) tienen mayor poder antioxidante. Sin embargo de acuerdo a (Tohamy et al., 2014) también se puede obtener extractos acuosos a partir de una dilución homogénea del polen triturado en agua destilada, metodología utilizada en el estudio.

(Borel et al., 2020) argumentan que el polen al ser un producto que pasa por un proceso de secado previo para la venta no requiere ser liofilizado, ya que su nivel de humedad es inferior al 5 % y podría ser utilizado en los recubrimientos comestibles directamente. Sin embargo en otra investigación realizada por (Fatrcová et al., 2015) se determinó que el nivel nutricional es más alto en el polen liofilizado que en el secado y congelado, debido al mayor contenido de polifenoles, por lo cual la

investigación se decidió realizar a través del proceso de liofilización, con el fin de no generar una alteración de las capacidades nutricionales del polen.

En las pruebas previas no existió una liofilización completa del polen, debido a que presentó una apariencia viscosa dada por los líquidos salivales de la abeja y el néctar con el cual es mezclado. Por lo cual se incrementó posteriormente el tiempo de liofilizado a 20 horas y  $-40^{\circ}\text{C}$ . Además que previo a pasar al equipo de liofilización, se congeló a  $-20^{\circ}\text{C}$ . En investigaciones realizadas por (Machado et al., 2015) se recomienda aumentar el tiempo de congelación previo a la liofilización polen, donde a  $-40^{\circ}\text{C}$  se liofiliza bien el polen durante 18 horas, que congelando a  $-20^{\circ}\text{C}$  la muestra.

### **Formulación de recubrimientos comestibles a base de polen liofilizado**

En la investigación se utilizó como ingredientes el agua destilada, almidón de yuca, Tween 80, aceite de girasol y glicerina, además del ingrediente activo que fue el polen liofilizado. (Villafañe, 2017) afirma que la decoloración blanca de la superficie de la zanahoria se puede controlar con recubrimientos higroscópicos, usando como ingrediente la glicerina, que tiene buenos resultados para evitar la deshidratación de la superficie. Por otra parte (Boesso et al., 2014) mencionan que el almidón de yuca funciona bien como parte de los recubrimientos comestibles, ya que disminuye la tasa de respiración y la pérdida de agua cuando se aplica a alimentos mínimamente procesados. De acuerdo a (Rojas et al., 2007), el aceite de girasol actúa como una fuente de lípidos, aportando ácidos grasos esenciales ( $\omega 3$  y  $\omega 6$ ), que son ácidos grasos funcionales beneficiosos para la salud y permite mejorar las propiedades de barrera contra el agua del recubrimiento comestible. Además el Tween 80 o también conocido como polisorbato 80 funcionó como un emulsionante permitiendo la homogeneización de todos los componentes del recubrimiento.

Para la formulación de los recubrimientos se usaron diferentes concentraciones de polen liofilizado, con el fin de evitar la oxidación de los dedos de zanahoria, para lo cual (Almeida et al., 2016)

lograron identificar en polen de un recubrimiento comestible a compuestos fenólicos como el kaempferol y la quercetina mediante un perfil cromatográfico. A lo que (Horst & Lajolo, 2011) afirman que el kaempferol y la quercetina garantizan el valor nutricional y la función antioxidante de los alimentos, puesto que son sustancias bioactivas no sintetizadas por el cuerpo humano. En la investigación no se realizó un perfil cromatográfico, sin embargo se puede determinar que el polen también tendría este tipo de compuestos que contribuyen a la función antioxidante y la prevención de enfermedades si se consumen regularmente los dedos de zanahoria.

### **Vida útil de los dedos de zanahoria**

No se consideró usar como variables para determinar la vida útil al pH y acidez, a pesar que presentaban diferencias significativas, ya que en el tratamiento T1 los valores se incrementaron considerablemente para la acidez y en el pH bajó al día 9 de evaluación. A lo que (Puerto et al., 2015) menciona que en varios países sudamericanos el polen de abeja tiene un rango de pH ácido, entre 4 a 6, lo cual también haría que el recubrimiento tenga valores más ácidos respecto al testigo. En cuanto a la acidez, el tratamiento T1 presentó el 6,25% de presencia de hongos, lo que podría tener una relación a su acidez alta, debido a las características que presentó el hongo en la superficie de los dedos, que podría estar asociado a la podredumbre húmeda de la zanahoria, dada por el hongo *Rhizopus stolonifer*, hongo característico de presentarse en la pos cosecha de esta raíz y que de acuerdo a (Hernandez et al., 2011) ataca a través de cualquier zona con tejido débil, en donde tiende a decolorar la zona, además de volverla acuosa. (Tarihi & Tarihi, 2016) afirman que este hongo puede llegar a generar alteraciones en la composición de la raíz, haciendo que presente una acidez mayor. Debido a que no se realizó una identificación a través de medios de cultivo, es apresurado asegurar que este hongo haya sido el responsable de los cambios drásticos en la acidez y el pH del tratamiento T1, sin embargo su caracterización en los dedos de zanahoria serían un indicativo de su posible presencia. Además (Valdés et al., 2017) mencionan que el polen no tiene sólo funciones antioxidantes, sino también

antimicrobianas, lo que se evidencio, ya que conforme la concentración de polen aumentaba en el recubrimiento la presencia de microorganismos disminuía, sobre todo en el tratamiento T2 que no existió presencia de hongos hasta el día 9 de evaluación.

Tampoco se tomó en cuenta a la variable de  $\beta$ -carotenos como referencia de la capacidad antioxidante del polen, puesto que entre tratamientos al día 9 de evaluación no existieron diferencias significativas, sin embargo si existió una degradación de estos compuesto, debido a que estuvo influenciado por muchos factores, como fue la exposición a temperaturas de 35 °C en la estufa luego de colocar el recubrimiento, ya que como menciona (Espinoza et al., 2021) cuando la zanahoria es sometida a tratamientos térmicos como el secado, el contenido de compuestos fenólicos (fenoles y flavonoides) y carotenoides disminuye, mientras que el ácido ascórbico incrementa a temperaturas cercanas a 80°C. Esto se debe a que los carotenoides son inestables al calor en presencia de la luz y oxígeno.

En los resultados obtenidos para los días de vida útil máxima de los dedos de zanahoria se evidenció que el tratamiento T1, por el hecho de la afectación microbiológica perdió turgencia en sus tejidos y su vida útil fue de apenas 2 días, mientras que el tratamiento más efectivo en base a la firmeza fue el T2 que alargó el tiempo de vida máximo a 12 días. A lo que (Taylor & Dhall, 2013) para dedos de zanahorias logró un tiempo de vida útil de casi 30 días con el uso de recubrimientos comestibles a base de quitosan además de la implementación de atmósferas modificadas, sin embargo en la investigación solo se usó el recubrimiento comestible con lo cual el tiempo de vida útil se ve reducida en comparación a la investigación citada.

Existen nuevas tecnologías que pueden alargar más la vida útil de las zanahorias, como son el uso de las nanopartículas de montmorillonita de plata (Ag-MMt), que tienen un efecto biocida para muchas especies de microorganismos y propiedades de barrera en la vida útil de las zanahorias recién cortadas (Galgano et al., 2015). En los resultados obtenidos del estudio de (Costa et al., 2012), se

establece que con el uso del recubrimiento comestible más las nanopartículas de Ag, el tiempo de vida útil de las zanahorias cortadas se alarga hasta los 70 días con respecto a las muestras sin cubrir que solo tuvieron una vida útil de 4 días. Sin embargo (Fernandez et al., 2009) menciona que las nanopartículas de Ag pueden llegar a ser tóxicas, lo cual lo limita a usar apenas el a 0,05 mg Ag/kg de alimento.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- El extracto liofilizado de polen tuvo un efecto positivo para la función antioxidante en los dedos de zanahoria, tomando en consideración las variables de diferencia de color y  $\beta$ - carotenos, donde el tratamiento T2 con 1,5% de polen liofilizado en el recubrimiento mostró numéricamente tener mayor contenido de  $\beta$ - carotenos y una menor diferencia de color entre el día 0 y 9 de evaluación en comparación con el testigo.
- Fue posible obtener el extracto de polen de abeja por medios acuosos, el cual presentó una coloración mostaza, un olor floral y ligero sabor dulce, que al ser liofilizado conservó estas características, además se volvió un polvo fácil de manejar y soluble al ser colocado en el recubrimiento comestible con un color intenso al contacto.
- Se formuló un recubrimiento comestible homogéneo, que visiblemente presentó diferentes coloraciones debido a las distintas concentraciones de polen que se utilizaron. Siendo el recubrimiento comestible con 1. 5% y 3% del extracto liofilizado de polen los que presentaron mejores respuestas al color, firmeza, ausencia de microorganismos, % de pérdida de peso y olor en comparación con el testigo.
- El recubrimiento comestible tuvo un efecto positivo respecto al alargamiento de la vida útil de los dedos de zanahorias, considerando a la firmeza como un parámetro para esta evaluación, sobre todo para el T2 con 1,5% de extracto de polen liofilizado que tuvo el mayor tiempo de vida útil de 11 días, sin embargo para el T1 con 0,75% de extracto de polen, su vida útil se vio afectada por la presencia de hongos que ablandaron los tejidos de los dedos de zanahoria.

## Recomendaciones

- Realizar un análisis microbiológico más profundo por recuentos o usando antibiogramas para confirmar cuantitativamente la inhibición real de microorganismos con el recubrimiento comestible a base de polen liofilizado.
- Para futuros estudios realizar análisis enzimáticos en los dedos de zanahoria con el fin de establecer la relación entre la pérdida de carotenoides y el cambio de coloración.
- Realizar un perfil cromatográfico de los granos de polen utilizados en la elaboración del recubrimiento comestible para establecer mejor las cualidades nutritivas como alimento funcional de los dedos de zanahoria, ya que puede ser una alternativa al uso de antioxidantes sintéticos.
- En futuras investigaciones trabajar con otros rangos de almacenamiento, principalmente en cuanto a la temperatura y luz, con el fin de evitar una mayor oxidación de los carotenos y por ende una pérdida del color naranja brillante de la zanahoria.
- Se recomienda hacer uso de proteínas como la caseína en la formulación del recubrimiento comestible, con el fin de complementar las características nutricionales de los dedos de zanahoria.

## Bibliografía

- Agroglobal. (2011). *Variedad de zanahoria*.
- Aguilar, Z. (2022). *Análisis de mecanismos de comercialización internacional de zanahoria amarilla de la sierra ecuatoriana*. Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Almaraz-Abarca, N., Campos, M. D. G., Antonio Ávila-Reyes, J., Naranjo-Jiménez, N., Herrera-Corral, J., & González-Valdez, L. S. (2004). Variability of antioxidant activity among honeybee-collected pollen of different botanical origin. *Interciencia*, 29(10), 574–578.
- Almeida, J., Soares dos Reis, A., Serafini, L., Pereira, D., Bianchin, M., de Moura, C., Plata, M., Charles, W., Haminiuk, I., Ribeiro, I., Pinto, C., & da Luz, S Carpes, T. (2016). Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.017>
- Arce, M. (2009). Elaboración y análisis del diagrama ombrotérmico de la Hacienda El Prado- IASA, 1998-2008. *Revista Internacional Serie Zoológica*, 1390–3004.
- Barry-Ryan, C., Pacussi, J. M., & O'Beirne, D. (2000). Quality of shredded carrots as affected by packaging film and storage temperature. *Journal of Food Science*, 65(4), 726–730.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16080.x>
- Barth, O., Freitas, A., Olineira, E., Silva, R., Maester, F., & Cardozo, G. (2009). Evaluation of the botanical origin of commercial dry bee pollen load batches using pollen analysis: a proposal for technical standardization. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 4, 10.
- Baskaran, R., Devi, A. U., Nayak, C. A., Kudachikar, V. B., Prakash, M. K., Prakash, M., Ramana, K. V., Rastogi, N. K., & N.K. (2007). *Efecto de la dosis baja de irradiación y sobre la vida útil y las características de calidad de los cubos de papa mínimamente procesados en envases de atmósfera*

*modificada*. 76(6), 1042-1049. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2006.10.004>

Boesso, V., Molina, G., Chiumarelli, M., Pastore, G., & Dupas, M. (2014). Properties of Cassava Starch-Based Edible Coating Containing Essential Oils. *Journal of Food Science*, 79(2), 6. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12332>

Bogdanov, S. (2011). *The Bee Pollen Book*. *Bee Product Science*.

Borel, L., Marques, L., & Prado, M. (2020). Performance evaluation of an infrared heating-assisted fluidized bed dryer for processing bee-pollen grains. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.108111>

Bradeen, J. M., & Simon, P. W. (2007). *Vegetables (genome mapping and molecular breeding in plants)* (I. E. C. Kole, Ed.; pp. 161–184).

Broadhurts, C. L. (1999). *Bee products: medicine from the hive*. *Nutritional Science News*.

Carlin, F., Nguyen-The, C., Hilbert, G., & Chambroy, Y. (1990). Modified Atmosphere Packaging of Fresh, “Ready-to-use” Grated Carrots in Polymeric Films. *Journal of Food Science*, 55(4), 1033–1038. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01591.x>

Carpes, S., Begnini, R., Severino, M., & Masson, M. (2007). Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6). <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600032>

Casp, A., & April, J. (2003). *Procesos de Conservación de Alimentos* (Mundi Pren).

Chaidez, C., Castro del Campo, N., Basilio, J., Contreras, L., Gonzáles, G., & Ayala, F. (2012). *Decontamination of fresh and minimally processed produce* (V. Gómez, Ed.).

Cherian, G., Weller, C. L., Cherian, G., Gennadios, A., Weller, C., & Chinachoti, P. (1995).

*Termomechanical Behavior of Wheat Gluten Films : Effect of Sucrose, Glycerin, and Sorbitol.*

Nebraska - Lincoln.

Cinar, I. (2004). Storage stability of enzyme extracted carotenoid pigments from carrots. *Elec J Environ*

*Agric Food Chem* 3, 609–616.

Cisneros-zevallos, L., Saltveit, M. E., & Krochta, J. M. (1997). *Hygroscopic Coatings Control Surface White*

*Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage.* 62(2), 363–367.

Conesa, E. (2008). Recubrimiento comestible para cítricos y otras frutas y hortalizas. *INFOPOST*, 21, 1–2.

Costa, C., Conte, A., Buonocore, G., Lavorgna, M., & del nobile, M. (2012). Calcium-alginate coating loaded with silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots. *Food Res*, 48–164.

Couto, R. H. N., & Couto, L. A. (2006). *Apicultura: Manejo e Produtos, Funep, Jaboticabal* (3rd editio).

da Silva, G., da Natividade, T., Camara, C., da Silva, E., de Assis Ribeiro dos Santos, F., & Silva, T. (2014).

“Identification of sugar, amino acids and minerals from the Pollen of jandaira stingless bees (Melipona subnitida). *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1015–1021.

Di Renzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Tablada, M. (2017). *InfoStat software*

*estadístico.* <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=34>

Dussán, S., Torres, C., & Hleap, J. (2014). *Efecto de un recubrimiento comestible y de difer-entes*

*empaques durante el almacenamiento refriger-ado de mango Tommy Atkins mínimamente*

*procesa-do.* 25, 123–130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400014>

- Enache, M., & Anghel, L. (2019). *Colour and origin of pollen pellets from two fresh bee samples- A preliminary analysis*. 23, 4.
- Espinoza, N., Ramírez, E., del Socorro, N., Cervantes, A., & Quinatzin, Y. (2021). *Antioxidant compounds and its in vitro bioaccessibility of carrot (Daucus carota): changes by thermal processes*. 10, 239–248.
- FAO. (2008). *Food and Agriculture Organization United Nations*.
- FAOSTAT. (2020). *PRODUCCIÓN ZANAHORIA*. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Fatrcová, K., Nôžková, J., Máriássyová, M., & Miroslava, K. (2015). Biologically active antimicrobial and antioxidant substances in the *Helianthus annuus* L. bee pollen. *Journal of Environmental Science and Health*, 51(3), 7. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/03601234.2015.1108811>
- Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos* (E. Acibia, Ed.).
- Fernandez, A., Soriano, E., Lopez, C., Picouet, P., Lloret, E., & Gavar, R. (2009). Reservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology. *Food Res.*, 42–1105.
- Fleischer, R, Touwaide, A, Appetiti, E, Harbaugh, D & Kress, J. (2010). *Composition of pharmaceuticals from a 1st century BC/AD Roman shipwreck based on chloroplast DNA sequences*.
- Flores, J., Pérez, A., Fuentes, I., Tapia, F., & Gómez, R. (2005). *Obtención y caracterización de carotenoides como material fotosensible*. 71.
- Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1975). *Food colorimetry: Theory and Applications*. (AVI Publis).
- Galgano, F., Condell, F., Favati, V., di Bianco, G., Caruso, M., & Perretti, G. (2015). Biodegradable packaging and edible coating for fresh-cut fruits and vegetables. *Food Science*, 27, 20.
- Google, E. (2022). *Ubicación geográfica*.

- Hanchinal, V. M., Survase, S. A., Sawant, S. K., & Annapure, U. S. (2008). Response surface methodology in media optimization for production of  $\beta$ -carotene from *Daucus carota*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 93(2), 123–132. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9350-8>
- Hardenberg, R. (1960). *Wax and related coatings for horticultural products*. 965, 1–123.
- Hernandez, L., Holguín, J., López, M., & Troyo, E. (2011). *Postharvest control of Geotrichum citri-aurantii on Mexican lemon (Citrus aurantifolia [Christm.] Swingle) with marine and epiphytic yeasts*. 27(2), 191–198.
- Horst, M. A., & Lajolo, F. M. (2011). *Biodisponibilidad de compostos bioativos de alimentos*. [www.fcf.usp.br](http://www.fcf.usp.br)
- Hurst, J. (2002). *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals* (C. PRESS, Ed.; pp. 104–115).
- INEC. (2000). *III Censo Nacional Agropecuario*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf)
- INEN. (1985a). *Conservas vegetales. Instituto Ecuatoriano De Normalización INEN 389, 3, 1–5*.
- INEN. (1985b). *Determinación de acidez titulable\_ Método potenciómetro de referencia*. INEN 381. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/381.pdf>
- INEN. (1990). *INEN 1747\_ Hortalizas Frescas. Zanahoria. Requisitos*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1747.pdf>
- INEN. (2013). *NORMA PARA LAS ZANAHORIAS CONGELADAS RÁPIDAMENTE (CODEX STAN 140-1983, MOD)*. *Inen*.

- IPGRI. (1998). *Descriptores de la zanahoria silvestre y cultivada*. Instituto Internacional de Recursos Filogénéticos.
- Kayacan, S., Sagdic, O., & Doymaz, I. (2018). Effects of hot-air and vacuum drying on drying kinetics, bioactive compounds and color of bee pollen. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11694-018-9741-4>
- Kopsell, D. (2006). *Dietary, Accumulation and bioavailability of Crops, carotenoids in vegetable*. 11(10), 499–507.
- Labuza. (1982). *Shelf - Life Dating of foods*,
- Labuza, T. P., & Breene, W. M. (1989). *APPLICATIONS OF "ACTIVE PACKAGING" FOR IMPROVEMENT OF SHELF-LIFE AND NUTRITIONAL QUALITY OF FRESH AND EXTENDED*. 13, 1–69.
- Lacroix, M., & Lafortune, R. (2004). Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on bacterial resistance in grated carrots (*Daucus carota*). *Radiation Physics and Chemistry*, 71(1–2), 79–82. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2004.04.055>
- Lamborn, E., & Ollerton, J. (2000). Experimental assessment of the functional morphology of inflorescences of *Daucus carota* (Apiaceae): testing the 'fly catcher effect.' *Functional Ecology*, 14, 45 – 454.
- LeBlanc, B., Davis, O., Boue, S., DeLucca, A., & Deeby, T. (2009). Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*, 115(4), 1299–1305.
- Lieberman, E. R., & Gilbert, S. G. (1973). GAS PERMEATION OF COLLAGEN FILMS AS AFFECTED BY CROSS-LINKAGE, MOISTURE, AND PLASTICIZER CONTENT E. *Food Science Department, Rutgers University*, 43(41), 33–43.

- Luna Guevara, M. L., Jiménez González, Ó., Luna Guevara, J. J., Hernández Carranza, P., & Ochoa Velasco, C. E. (2014). Quality parameters and bioactive compounds of red tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) cv Roma VF at different postharvest conditions. *F Food Research*, 3(2), 1–11.  
<https://doi.org/10.5539/Abstract>
- Machado, A., Fernandes, M., Gasparotto, J., Rodrigues, B., da Silva, F., Barth, O., & Bicudo, L. (2015). Effect of processing conditions on characteristics of dehydrated bee-pollen and correlation between quality parameters. *LWT - Food Science and Technology*.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.014>
- Martínez, M., Vicario, A., & Heredia, L. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(11).
- Meléndez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenóides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 209–215.
- Mercado, M., López, O., Martínez, S., & Abraham, M. (2016). *Estimación de la vida de anaquel mediante pruebas aceleradas en fresa entera en bolsa de polietileno y pulpa fresca congelada*. 1, 636–640.
- Morales, J. (1995). *Cultivo de zanahoria*.
- Pérez, M., Del Río, M., & Rojas, C. (2008). Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Horticultura Profesional*, 207, 54–57.
- Pfander, H. (1992). *Carotenoids: an overview. Methods in enzymology*. (Academic p, Vol. 213, p. 4).
- Pouyet, V., Giboreau, A., Benattar, L., & Cuvelier, G. (2014). Attractiveness and consumption of finger foods in elderly alzheimer's disease patients. *Food Quality and Preference*, 34, 62–69.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.12.011>

- Puerto, N., Prieto, G., & Castro, R. (2015). *Composición química y capacidad antioxidante del polen*. *31*(2), 115-126.
- Rivero, L. (2018). *Selección de bacterias lácticas autóctonas para su potencial aplicación en la conservación de alimentos de origen vegetal mínimamente procesados*. Universidad Nacional de Tucuman.
- Rodríguez. (1999). *Carotenoides y Preparación de alimentos: La retención de Carotenoides provitamina a en alimentos Preparados, Procesados y Almacenados*. Departamento de Ciencias de Alimentos Facultade de Engenharia de Alimentos Brasil.
- Rojas, M. A., Tapia, M. S., Rodríguez, F. J., Carmona, A. J., & Belloso, O. (2007). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids*, *2*, 118–127. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.001>
- Ross, I. (2005). *Daucus carota*. In: *Medicinal Plants of the World*. *Humana Press*, *3*, 197–221.
- Rubatzky, V. E., Quiroz, C. F., & Simon, P. W. (1999). *Carrots and related vegetable umbelliferae* (C. Publishing, Ed.).
- Ryser, E. T. (2004). *Antimicrobial Edible Films and Coatings*. *67*(4), 833–848.
- Rzepecka, A., Pawel, B., & Stojko, J. (2012). Antioxidative Properties of Bee Pollen Extracts Examined by EPR spectroscopy. *Journal of Apicultural Science*, *56*. <https://doi.org/10.2478/v10289-012-0003-0>
- Salveit. (2003). Fresh-cut vegetables. *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, 691–712.
- Schulte, F., Mäder, J., Kroh, L., Panne, U., & Kneipp, J. (2009). Characterization of pollen carotenoids with in situ and high-performance thin layer chromatography supported resonant Raman spectroscopy. *Analytical Chemistry*, *81*, 8426–8433.

- SERAGRO. (2009). *Tipos de Zanahorias, Composición y Usos de Zanahorias, Características Botánicas*.  
<https://seragro.cl/?a=716>
- Simon, P. W., Freeman, R. E., Vieira, J. V, Boiteux, L. S., & Briard, M. (2008). *Carrot*. In: *Vegetables* (pp. 327–357).
- Steven, R., Baudoin, C., Anton, W., & Bartz, J. (2014). *Integrated Approach to Understanding Tomato Sour Rot and Improving Disease Management on the Eastern Shore of Virginia*. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Stolarczyk, J., & Janick, J. (2011). *Chronica Horticulturae Vol. 51 number 2*. 51(2), 13–18.
- Tarihi, G., & Tarihi, K. (2016). Bazı Bakteriyel Biyokontrol Ajanlar ile Havuç Acı Çürüklük Hastalığı (*Geotrichum candidum* Link)'nın Biyolojik Mücadelesi. *Araştırma Makalesi*, 47(1), 1–9.
- Taylor, P., & Dhall, R. K. (2013). *Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables : A Review*  
*Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables : February*, 37–41.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Tohamy, A. A., Abdella, E. M., & Ahmed, R. R. (2014). Assessment of anti-mutagenic, anti-histopathologic and antioxidant capacities of Egyptian bee pollen and propolis extracts. *Cytotechnology*, 66, 283–297. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10616-013-9568-0>
- USDA, (United States Department of Agriculture). (2019). *Carrots, raw*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170393/nutrients>
- Valdés, A., Ramos, M., Beltrán, A., Jiménez, A., & Garrigós, M. C. (2017). *State of the Art of Antimicrobial Edible Coatings for Food Packaging Applications*. 7(56).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/coatings7040056>

Villafañe, F. (2017). Edible coatings for carrots. *Food Reviews International*, 33(1), 84–103.

<https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1150291>

Wikipedia. (2022). *Daucus carota*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Daucus\\_carota#Taxonomía](https://es.wikipedia.org/wiki/Daucus_carota#Taxonomía)

Enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1cPim8wIMcHoRpSDzG8o8fFj2qKlgDtn-?usp=sharing>