

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)  
A TRAVÉS DE SUS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, APLICANDO UN  
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO  
(*Origanum vulgare*) Y QUITOSANO**

## **T E S I S**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentado por el Bachiller:

**IVAN LEONEL TERRONES MARIN**

Asesores:

**Ing. Mg. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

**Ing. M.Sc. YONER ALITO SALAS PASTOR**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
IVAN LEONEL TERRONES MARIN.  
DNI: 72106364  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:  
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
Facultad/Unidad UNC:  
DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis     Trabajo de Investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) A TRAVÉS DE SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, APLICANDO UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) Y QUITOSANO.  
Fecha de evaluación: 08/07/2024
6. Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (ORIGINAL) (\*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
8. Código Documento: 3117:365276264
9. Resultado de la Evaluación de Similitud: 24%  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 09/07/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> <b>Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones</b> <b>DNI: 10492305</b>

\*En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiocho días del mes de junio del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 066-2024-FCA-UNC, de fecha 09 de febrero del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) A TRAVÉS DE SUS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, APLICANDO UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) Y QUITOSANO", realizada por el Bachiller IVAN LEONEL TERRONES MARIN para optar el Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

A las ocho horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

A las nueve horas y diez minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jimmy Frank Obillas Cruz  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
Ing. MSc. Max Elwin Sangay Terrones  
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Mg. Sc. Yoner Alito Salas Pastor  
ASESOR

# **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación le dedico a mis padres por su esfuerzo y sacrificio que hicieron para yo lograr uno de mis objetivos propuestos. Por brindarme su amor y motivarme a cada momento.

A mis hermanos que nunca me dejan solo, que siempre me apoyan para salir adelante por más inconvenientes que se presenten.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por darme vida, salud, fuerza y sabiduría necesaria para así poder culminar uno de mis objetivos profesionales.

A mis padres por su apoyo constante durante mi formación académica, que lucharon e hicieron sacrificios para yo tener las mejores posibilidades de llegar a cumplir mis metas.

A mis hermanos que me brindaron su apoyo cuando lo necesite y a todos mis familiares por darme fuerza para seguir y culminar mi carrera.

A los ingenieros, MAX EDWIN SANGAY TERRONES Y YONER ALITO SALAS PASTOR, asesores del proyecto de investigación que, con sus conocimientos, su apoyo y tiempo dedicado hicieron posible la realización de este proyecto.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a sus autoridades y profesores que con sus conocimientos ayudaron en mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Descripción del problema.....	1
1.2.	Formulación del Problema .....	2
1.3.	Justificación .....	2
1.4.	OBJETIVOS.....	3
1.4.1.	Objetivo General.....	3
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.5.	Hipótesis.....	3
1.6.	Variables De Estudio .....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
2.1.	Antecedentes De La Investigación.....	6
2.2.	Marco Teórico. ....	9
2.2.1.	Aguaymanto. ....	9
2.2.2.	Color en los Alimentos.....	10
2.2.3.	Acidez. ....	11
2.2.4.	Solidos Solubles (°Brix).....	12
2.2.5.	pH.....	12
2.2.6.	Factores Postcosecha Que Afectan La Calidad Del Fruto .....	13
2.2.7.	Vida Útil.....	15
2.2.8.	Recubrimientos y películas comestibles .....	16
2.2.9.	Uso y Funciones De Las Películas y Recubrimientos Comestibles. ....	16
2.2.10.	Aceites esenciales .....	16
2.2.11.	Quitosano .....	19
2.3.	Definición de términos básicos.....	21
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
3.1.	Localización De La Investigación. ....	23
3.2.	Tipo y Diseño De La Investigación. ....	24
3.2.1.	Materiales Experimentales. ....	24
3.2.2.	Factores, Variables (independientes), Niveles y Tratamientos En Estudio .....	26
3.2.3.	Diseño Experimental y Arreglo De Los Tratamientos.....	27
3.2.4.	Evaluaciones a Realizar .....	27
3.2.5.	Procedimiento.....	31

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
V. CONCLUSIONES .....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	63
VII. Bibliografía .....	64

## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Definiciones, dimensiones e indicadores de las variables de estudio (dependientes e independientes)</i> .....	3
Tabla 1. Definiciones, dimensiones e indicadores de las variables de estudio (dependientes e independientes) .....	4
Tabla 2. <i>Clasificación Taxonómica del Aguaymanto (Physalis peruviana L.)</i> .....	9
Tabla 3. <i>Composición Nutricional del Aguaymanto (Physalis peruviana L.)</i> . ....	10
Tabla 4. <i>Valores de actividad de agua (aw)de algunos alimentos</i> .....	15
Tabla 5. <i>Composición química del aceite esencial del orégano (Origanum vulgare)</i> .....	18
Tabla 6. <i>Diseño experimental</i> .....	27
Tabla 7. Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a la acidez .....	36
Tabla 8. Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a sus grados brix .	39
Tabla 9. Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a su % de humedad . .....	41
Tabla 10. <i>Variación del color total del aguaymanto durante 22 días de almacenamiento</i> ..	42
Tabla 11. Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a su variación de color durante los días de almacenamiento.....	43
Tabla 12. <i>Análisis de varianza para la variable acidez</i> .....	47
Tabla 13. Comparaciones de los tratamientos por pares utilizando el método de Tukey para la acidez (confianza 95%) .....	48
Tabla 14. Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por pares, utilizando el método de Tukey para la acidez (confianza de 95%) .....	49
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable grados brix.....	49
Tabla 16. <i>Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para los grados brix (confianza de 95%)</i> .....	50
Tabla 17. <i>Comparaciones de la interacción, Tratamiento* Concentración de Aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para los grados brix (confianza de 95%)</i> .....	51
Tabla 18. <i>Análisis de Varianza para la Variable Humedad</i> .....	53
Tabla 19. Comparaciones de los tratamientos por pares utilizando el método de Tukey para la humedad (confianza de 95%).....	54
Tabla 20. <i>Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para la humedad (confianza de 95%)</i> .....	54
Tabla 21. <i>Comparaciones de la interacción, tratamiento* Concentración de Aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para la humedad (confianza de 95%)</i>	55
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para la variable color coordinada(L*)</i> .....	57
Tabla 23. Comparaciones de Los tratamientos por parejas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% .....	58

Tabla 24. <i>Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por parejas utilizando el método de Tukey para la coordenada L* (confianza de 95%)</i> .....	59
Tabla 25. <i>Análisis de Varianza para la Variable Color Coordinada(a*)</i> .....	59
Tabla 26. <i>Análisis de Varianza para la Variable Color Coordinada (b*)</i> .....	60
Tabla 27. <i>Datos de los tratamientos con respecto a sólidos solubles con tres repeticiones evaluados en 22 días</i> .....	71
Tabla 28. <i>Datos de los tratamientos con respecto a la acidez con tres repeticiones evaluados en 22 días</i> .....	72
Tabla 29. <i>Diferencia de color total de los tratamientos a los 22 días</i> .....	74
Tabla 30. <i>Datos de los tratamientos con respecto a la humedad con tres replicas.</i> .....	74

## Índice de figuras

Figura 1	Localización de la investigación .....	23
Figura 2	Comportamiento de la acidez durante los 22 días de almacenamiento .....	34
Figura 3	pendiente de las rectas de la variable acidez durante los días de almacenamiento	36
Figura 4	Comportamiento de los grados brix durante los 22 días de almacenamiento .....	37
Figura 5	Pendiente de las rectas de la variable Brix durante los días de almacenamiento..	38
Figura 6	Comportamiento de la humedad durante los 22 días de almacenamiento .....	39
Figura 7	Pendiente de las rectas de la variable Humedad .....	41
Figura 8	Pendiente de las rectas de la variable color durante los días de almacenamiento.	43
Figura 9	Comportamiento del color (coordenada L*) durante los 22 días de almacenamiento .....	44
Figura 10	Comportamiento del color (coordenada a*) durante los 22 días de almacenamiento .....	45
Figura 11	Comportamiento del color (coordenada b*) durante los 22 días de almacenamiento .....	46
Figura 1	Separación de aguaymanto golpeado .....	75
Figura 2	Retirado de cáliz del aguaymanto. ....	75
Figura 3	Separación de aguaymanto verde .....	75
Figura 4	Separación de aguaymanto rajado .....	75
Figura 5	Pesado del aguaymanto .....	76
Figura 6	Medición de aceite esencial de orégano .....	76
Figura 7	Aceite esencial de orégano utilizado en los recubrimientos .....	76
Figura 8	Pesado de quitosano .....	76
Figura 9	Mezcla de aceite esencial de orégano con quitosano .....	77
Figura 10	Secado de aguaymanto recubierto a temperatura ambiente .....	77
Figura 11	Almacenamiento de los tratamientos .....	77
Figura 12	Empacado de aguaymanto .....	77
Figura 13	Pesado de las muestras para determinar su humedad .....	78
Figura 14	Muestras listas para ser introducidas a la estufa .....	78
Figura 15	Muestras después de 24 horas las que fueron pesadas para los cálculos correspondientes .....	78
Figura 16	Muestras sometidas a 105 grados Celsius .....	78
Figura 17	Muestra para determinar la acidez del aguaymanto .....	79
Figura 18	Muestra titulada con hidróxido de sodio al 0.1 N .....	79
Figura 19	Triturado de aguaymanto para determinar sus solidos solubles .....	79
Figura 20	Medición de los solidos solubles del aguaymanto .....	79

## Resumen

Esta investigación experimental se realizó en la Universidad Nacional de Cajamarca, en el Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, con el objetivo de determinar la vida útil del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) a través de sus características fisicoquímicas, aplicando un recubrimiento comestible a base de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y quitosano. Para dicho recubrimiento se utilizaron 3 concentraciones de aceite esencial de orégano (0.6 %; 1 % y 1.4 %) y 2 concentraciones de quitosano de (0.8 %; 1.6 %), para poder mezclar el aceite esencial de orégano en 50 ml de agua destilada se añadió el emulsificante tween 80 en una concentración del 2% mientras que para disolver las concentraciones de quitosano en 50 ml de agua destilada se añadió 1% de ácido glicérico para facilitar la formación del recubrimiento comestible, posteriormente se agitó por un periodo de 30 minutos. Se obtuvieron 24 tratamientos a los cuales se les evaluó las características fisicoquímicas de (humedad, sólidos solubles, acidez titulable y color) estas características fisicoquímicas de la fruta fresca fueron evaluadas el día inicial y cada 5 días durante el periodo de almacenamiento a temperatura ambiente al cual fue sometido en donde se puede observar que el porcentaje de humedad disminuye y hay diferencias significativas con la muestra control, los sólidos solubles aumentan mínimamente entre los tratamientos, pero existe diferencias significativas con respecto a la muestra control, el porcentaje de acidez expresado en ácido cítrico fue disminuyendo con el pasar de los días de almacenamiento, con respecto al color hubo diferencias significativas entre los tratamientos y también con la muestra control específicamente en la coordenada L\*(luminosidad). Concluyendo en esta investigación que los tratamientos con una concentración de quitosano del 1.6 % conservaron mejor sus características fisicoquímicas de (acidez, sólidos solubles y porcentaje de humedad), mientras que a mayor concentración de aceite esencial de orégano tuvo un efecto negativo sobre el color del aguaymanto disminuyendo su luminosidad.

**Palabras clave:** recubrimiento comestible, características fisicoquímicas, vida útil, quitosano, aceite esencial.

## Abstract

This experimental research was carried out at the National University of Cajamarca, in the Food Analysis and Quality Control Laboratory of the Professional School of Engineering in Food Industries, with the aim of determining the shelf life of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) through its physicochemical characteristics, applying an edible coating based on oregano essential oil (*Origanum vulgare*) and chitosan. For this coating, 3 concentrations of oregano essential oil (0.6%; 1% and 1.4%) and 2 concentrations of chitosan (0.8%; 1.6%) were used, in order to mix the oregano essential oil in 50 ml of distilled water, the emulsifier tween 80 was added in a concentration of 2%, while to dissolve the chitosan concentrations in 50 ml of distilled water, 1% of glyceric acid was added to facilitate the formation of the coating. It was then stirred for a period of 30 minutes. A total of 24 treatments were obtained to which the physicochemical characteristics of the fresh fruit were evaluated (moisture, soluble solids, titratable acidity and color) these physicochemical characteristics of the fresh fruit were evaluated on the initial day and every 5 days during the period of storage at room temperature to which it was subjected, where it can be observed that the percentage of humidity decreases and there are significant differences with the control sample. The soluble solids increase minimally between the treatments, but there are significant differences with respect to the control sample, the percentage of acidity expressed in citric acid decreased with the passing of the days of storage, with respect to the color there were significant differences between the treatments and also with the control sample specifically in the coordinate L\* (luminosity). It was concluded in this research that treatments with a chitosan concentration of 1.6% better preserved their physicochemical characteristics (acidity, soluble solids and moisture percentage), while the higher the concentration of oregano essential oil, it had a negative effect on the color of the goldenberry, decreasing its luminosity.

**Keywords:** edible coating, physicochemical characteristics, shelf life, chitosan, essential oil.

## I.INTRODUCCIÓN

La industria frutícola representa uno de los mayores aportes a las exportaciones del país y también a su economía. Por ello, el aumento de la vida útil de los frutos es un desafío para la investigación. Tanto frutas como verduras, así como otros productos hortícolas comienzan a envejecer y deteriorarse desde el momento de su cosecha. Estos factores deben ser considerados y gestionados adecuadamente para garantizar que el producto se conserve en óptimas condiciones. La vida útil de los productos hortícolas depende de múltiples variables tales como la respiración, temperatura, producción de etileno y la pérdida de agua. Todas las frutas y hortalizas respiran, antes y después de la cosecha. Después de cosechados la respiración se debe controlar para retardar el envejecimiento, conservar su valor nutritivo y mantener una apariencia fresca (León, 2015).

Una manera de aplicar conservadores naturales en la postcosecha de frutas es el uso de recubrimientos comestibles tales como el aceite esencial de orégano y quitosano, los cuales son capas delgadas que cubren a los alimentos. Éstos son capaces de controlar la humedad, gases y migración de lípidos, se pueden formular a partir de lípidos, proteínas o polisacáridos. Existen datos publicados de la actividad antibacteriana de aceites esenciales aplicados en alimentos, mostrando diferentes valores de eficacia dependiendo el tipo: orégano/ clavo/ semilla de cilantro/ canela/ tomillo/ menta/ romero/ mostaza/ cilantro/ salvia. Lo anterior hace evidente que el aceite esencial de orégano es uno de los aceites antimicrobianos más potentes. Estudios recientes también han mostrado la efectividad antioxidante de este aceite, lo que sugiere que podría ser utilizado en la elaboración de alimentos con propiedades antioxidantes funcionales (Rodríguez, 2013).

### **1.1. Descripción del problema.**

El aguaymanto se comercializa a nivel nacional e internacional principalmente como fruta fresca. En los últimos años el requerimiento se ha centrado en los frutos sin cáliz esto indica que el tiempo de vida útil se reduce considerablemente.

Las frutas son productos perecederos que después de ser cosechados están expuestos a cambios físicos, químicos y también a contaminarse por microorganismos patógenos, algunos de ellos generados durante el almacenamiento y transporte, lo que causa pérdidas significativas en su calidad y composición nutricional, con la consecuencia de reducción del valor en el mercado.

La contaminación de los alimentos trae como consecuencia enfermedades que contribuyen un problema mundial, debido que son una importante causa de mortalidad de las personas además genera pérdidas elevadas en las industrias ya que es un proceso que se desarrolla a gran escala. El uso de antimicrobianos es una práctica común en la industria de los alimentos y se utilizan antimicrobianos sintetizados químicamente que en algunos casos han causado daño en la salud de los consumidores, si se utilizan en grandes dosis como es el caso de los sulfitos.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cómo influye la aplicación del recubrimiento comestible a base de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y quitosano en la vida útil del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en sus características fisicoquímicas?

## **1.3. Justificación**

La investigación será de gran importancia para el sector agroindustrial ya que se busca el desarrollo e implementación de recubrimientos de frutas a base de aceite esencial de orégano y quitosano mediante esta técnica se busca tener menos pérdidas ocasionadas por podredumbres y otros factores climáticos y así generar más rentabilidad para las empresas y productores además de ser una alternativa natural para la conservación de productos hortofrutícolas. Así mismo Debido a la demanda de aguaymanto sin cáliz y por consiguiente se vuelve un fruto más perecedero, en esta investigación se buscará prolongar la vida útil de esta fruta manteniendo todas sus características fisicoquímicas y organolépticas utilizando como método de conservación un recubrimiento echo a base de aceite esencial y quitosano.

Además de las propiedades nutritivas y sensoriales de los alimentos la población mundial está reconociendo y exigiendo el uso de conservantes naturales, ya que el uso de conservadores químicos se ha asociado con intoxicaciones, cáncer y otras enfermedades degenerativas. Esto genera la necesidad de buscar alternativas de conservación que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad con el alimento. Debido a esta coyuntura en la presente investigación se está considerando evaluar su capacidad conservante del aceite esencial de orégano y quitosano, obtenidos de origen natural (de una la planta y de un animal respectivamente), de estos se busca una actividad conservante que entreguen alternativas seguras, cumplan con las necesidades y expectativas para la producción de alimentos seguros ya que el aceite esencial tiene propiedades antimicrobianas y antioxidantes.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la vida útil del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) a través de sus características fisicoquímicas, aplicando un recubrimiento comestible a base de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y quitosano.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar las concentraciones aplicadas de aceite esencial de orégano en la vida útil del aguaymanto evaluado fisicoquímicamente.
- Evaluar las concentraciones aplicadas de quitosano en la vida útil del aguaymanto evaluado fisicoquímicamente.

## **1.5. Hipótesis**

La aplicación del recubrimiento comestible a base de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y quitosano prolonga la vida útil del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en almacenamiento por un periodo no menor de 22 días.

## **1.6. Variables De Estudio**

### **Tabla 1. Definiciones, dimensiones e indicadores de las variables de estudio (dependientes e independientes)**

En la tabla 1 se detallan y se definen las variables de estudio tanto dependientes como independientes que fueron evaluadas en esta investigación.

**Tabla 1. Definiciones, dimensiones e indicadores de las variables de estudio (dependientes e independientes)**

Tipo de variables	Definición		Dimensión	Indicador
	Conceptual	Operacional		
<b>Variables Independientes</b>				
Aceite esencial de orégano	<p>El aceite esencial de orégano es conocido como el primer antiséptico natural ya que tiene poder bactericida y microbicida, inhibe el crecimiento de la mayoría de bacterias (Ortega, 2018)</p> <p>EL aceite esencial de orégano tiene una actividad antifúngica y un efecto antimicrobiano, esta característica es atribuida principalmente a los monoterpenos, carvacrol y timol (Rodríguez, 2013)</p>	<p>Adición de 3µL/ml, 5µL/ml y 7µL/ml de aceite esencial de orégano para producir un efecto conservante, retardando la alteración de sus características fisicoquímicas del alimento.</p>	$\frac{Vac}{Vd} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>Vac: Volumen de aceite esencial (ml) Vd: volumen de la disolución (ml)</p>	%
Quitosano	<p>La quitina y el quitosano son biopolímeros que en los últimos años han encontrado gran cantidad de aplicaciones, especialmente en la industria alimentaria y en la biotecnológica (Ceballos &amp; Quiroz, 2018)</p> <p>El quitosano es también un polisacárido que se encuentra en estado natural en las paredes celulares de algunos hongos, sin embargo; su principal fuente de producción es la hidrólisis de la quitina en medio alcalino, usualmente hidróxido de sodio o de potasio, a altas temperaturas. (Chavesta, 2018)</p>	<p>Adición de 4µL/ml y 8µL/ml de quitosano para producir un efecto conservante retardando la alteración de sus características fisicoquímicas del alimento</p>	$\frac{Pq}{Vd} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>Pq: peso de quitosano en (g)</p>	%

<b>Variables dependientes</b>	<b>Conceptual</b>	<b>Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
Humedad	El agua es el constituyente más abundante de la mayor parte de alimentos que se encuentran en estado natural. Es por esto que su estudio toma vital importancia en la determinación de la vida útil principalmente en los alimentos vegetales y frutales (Coloma, 2008).	Evaluación de los tratamientos a los 7, 12, 17 y 22 días	$H = \frac{(Mu - Ms)}{Ms} * 100$	%
Acidez	la acidez titulable es una medida del contenido de ácidos orgánicos presentes en los alimentos. Se utiliza para expresar la cantidad de un ácido presente en una disolución dada (Limaymanta, 2015).	Evaluación de los tratamientos a los 7, 12, 17 y 22 días	$A = \frac{(V_1 \times N_1 \times F)}{P} \times 100$	%
Grados brix	Los sólidos solubles permiten medir la cantidad aproximada de azúcares o sólidos solubles en una solución. donde 1 °Brix es la densidad de una disolución de sacarosa al 1% peso (Cherrez, 2022)	Evaluación de los tratamientos a los 7, 12, 17 y 22 días	Lectura de grados brix mediante el refractómetro	brix
Color	El color juega un papel muy importante en la aceptación de un producto por el consumidor, ya que este es un indicador de calidad. Por otro lado, un cambio en el color, es uno de los principales indicativos de que cambios químicos han ocurrido, o están ocurriendo en este (Julián, 2009).	Evaluación de los tratamientos a los 7, 12, 17 y 22 días	Uso del colorímetro a Escala CIE L* a* b* en este diagrama a* y b* indican direcciones de colores y L* luminosidad	Escala CIE L* a* b*

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes De La Investigación

En la investigación realizada que lleva como título “Evaluación de Recubrimientos Biodegradables para la Conservación en Fresco de Jitomate Kenton” El recubrimiento con la concentración de aceite esencial de orégano al 0.03 % mantuvo la calidad postcosecha de los jitomates, al reducir la tasa respiratoria y pérdida de peso; además mantuvo la firmeza mayor y contenido de carotenoides. La aplicación de los recubrimientos inhibió y controló los microorganismos, principalmente en los jitomates rojo claro. Las temperaturas de almacenamiento también fueron un factor determinante en la vida postcosecha de esta hortaliza (Rives et al., 2018) basándome en esta investigación se determinaron las concentraciones de aceite esencial de orégano que fueron utilizadas en la investigación.

Por otro lado García ( 2017), en su tesis titulada “Obtención de Quitosano y su Aplicación en Recubrimientos Comestibles en Mezclas con Almidón”. El objetivo fue obtener quitosano, lo cual se consiguió a partir del exoesqueleto de cangrejo, a través de un tratamiento químico que incluyó la desmineralización, desproteínización y deacetilación, se caracterizó en función de su grado de deacetilación y peso promedio molecular viscosimétrico. Para analizar el efecto de los recubrimientos sobre un alimento, las soluciones se aplicaron sobre fresas y se observó los cambios de estas durante su almacenamiento, la solución mostró resultados para la preservación de la fruta. Mediante este estudio se consideró utilizar el quitosano como variable independiente en el recubrimiento comestible para evaluar el efecto sobre sus características fisicoquímicas del aguaymanto.

López y otros (2012), evaluaron el “Efecto de Recubrimientos Comestibles de Quitosano en la Reducción Microbiana y Conservación de la Calidad de Fresas”. Aplicando en fresas películas de quitosano con o sin adición de aceite esencial de canela, las fresas sin quitosano se utilizan como control. Los frutos tratados fueron almacenados por 15 días a 5 °C y se evaluaron cambios en la calidad a intervalos de 3 días. Las fresas tratadas y control no mostraron diferencias en el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Todos los tratamientos redujeron significativamente la población microbiana con respecto al control. El tratamiento con mayor % de aplicación de quitosano, redujo en mayor magnitud el crecimiento microbiano, sin afectar la calidad después de 14 días a 5 °C. El control presentó 8 días de vida de anaquel; todos los recubrimientos presentaron la mayor aceptabilidad en comparación con el control. Los resultados

indican que los recubrimientos de quitosano con aceite de canela pueden prolongar la vida de anaquel de fresas por 15 días a 5 °C. Esta investigación sirvió para determinar las concentraciones de quitosano que fueron utilizadas en el recubrimiento comestible para el aguaymanto.

En la investigación titulada “Aplicación de Recubrimientos Comestibles Adicionados con Aceite Esencial de Orégano en Pepino (*Cucumis sativus* L.)”. El aceite esencial de orégano mostró efecto antifúngico contra *Colletotrichum gloeosporioides* en la inhibición de su crecimiento micelial, el cual fue directamente proporcional a la concentración utilizada. La aplicación del recubrimiento a base de cera adicionado con aceite esencial de orégano, modificó favorablemente la apariencia de los pepinos y evitó la presencia de los signos del moho de *Colletotrichum gloeosporioides*, pero no fue eficaz para reducir la pérdida de peso de los frutos (Sosa y otros, 2016). Debido a esta investigación realizada se determinó la variable dependiente de humedad con el propósito de ver si el recubrimiento es eficaz para reducir la pérdida de agua del aguaymanto.

Ubaque (2020), en su investigación titulada “Inclusión de aceite esencial de orégano y nisina encapsulados en biorecubrimiento comestible a partir de quitosano como alternativa de conservación en carne de hamburguesa de res”. El recubrimiento mantuvo por 5 días más la vida útil de las carnes de hamburguesa según lo esperado, pues al ser considerado un alimento perecedero tiene un tiempo estimado de 7 días de vida útil en condiciones de refrigeración. El recubrimiento mantuvo las características de calidad microbiológica, pH y Aw de la carne de hamburguesa a través de los 12 días de análisis. Basándose en esta investigación se determinó el tiempo durante el cual será evaluado el aguaymanto con los recubrimientos comestibles a base de aceite esencial de orégano y quitosano.

Cáceres (2019), en su proyecto de investigación que lleva como título “Efecto Antimicrobiano de un Recubrimiento Activo con Aceite Esencial de Flor de Canela en Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth)”. Este recubrimiento comestible presentó tener un efecto significativo en la actividad microbiológica de la mora de castilla y puede contribuir efectivamente como agente fungicida y disminuir las pérdidas postcosecha. Con respecto a sus propiedades fisicoquímicas presentó mejores resultados y permite mantener por más tiempo el pH y los sólidos solubles, lo que indica que no afecta negativamente sobre las propiedades fisicoquímicas. Por esta investigación se decidió evaluar sus características fisicoquímicas del aguaymanto aplicando los recubrimientos hechos a base de aceite esencial y quitosano.

González y otros (2019), en el estudio que realizó le permitió comprobar que la aplicación del aceite esencial de canela conservó las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas en la fruta testada hasta por 30 días, concluyéndose que las concentraciones de 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela muestran un efecto conservante sobre uvilla postcosecha. Por este antecedente se va a utilizar el aceite esencial de orégano, se determinó las concentraciones de a aceite esencial y el tiempo a evaluar.

La incorporación de aceites esenciales de canela, naranja y limón a recubrimientos a base de quitosano ha demostrado ser efectiva para prolongar la vida de anaquel de fresas (7-15 días a 5 °C), pepinos (21 días a 10 °C), jujube (20 días a 4 °C), pimienta marrón (35 días a 8 °C) y mango (11 días a 4 °C) en general, los frutos tratados con los recubrimientos funcionalizados con aceites esenciales disminuyen su tasa de respiración, mantienen su firmeza y calidad (pH, sólidos solubles totales, acidez titulable y color). Además, reducen la incidencia y aparición de signos de enfermedad causada por los hongos y les provee protección contra la proliferación de bacterias (reducción de coliformes, bacterias mesófilas aerobias y bacterias psicrófilas) durante su almacenamiento, en comparación con los frutos sin recubrir (Anaya y otros, 2020). Por este estudio se evaluó sus características fisicoquímicas del aguaymanto aplicando un recubrimiento comestible hecho a base de aceite esencial de orégano y quitosano además se determinó el tiempo en el que serán evaluadas.

Rico (2013), demostró en su estudio de “Aplicación de Recubrimientos Comestibles de Quitosano y su Combinación con Aceites Esenciales Sobre la Vida Útil de Mango” que el quitosano presenta un gran potencial como ingrediente en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles con capacidad biopreservante en la industria de las frutas mínimamente procesadas. Debido a esta investigación se decidió utilizar el aceite esencial de orégano y quitosano para el recubrimiento comestible que fue aplicado en el aguaymanto para evaluar el efecto en sus características fisicoquímicas.

## 2.2. Marco Teórico.

### 2.2.1. Aguaymanto.

Es una baya jugosa en forma de globo u ovoide con un diámetro entre 1.25 y 2.5 cm que pesa de 4 a 10 gramos. Su piel es suave, brillante y de color amarillo a anaranjado. Su pulpa presenta un sabor ácido azucarado (semiácido) y contiene de 100 a 300 semillas pequeñas de forma lenticular. El fruto está recubierto de una membrana o vaina fibrosa (cáliz), fina no comestible. Con un alto contenido de vitamina A y de ácido ascórbico (FAO, 2006)

En la tabla 2 se muestra la clasificación taxonómica del aguaymanto

**Tabla 2.** *Clasificación Taxonómica del Aguaymanto (Physalis peruviana L.)*

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophytas (Angiospermamae)
Sub división	Angiospermas / Angiospermophyta
Clase	Magnoliopsida (Dycotyledonea)
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Physalis
Especie	<i>Physalis peruviana</i>
Nombre científico	<i>Physalis peruviana</i> L.
Nombre común	Aguaymanto, Uvilla, Tomatillo, etc.

Fuente (Guerrero, 2019).

#### a) **Composición Nutricional del Aguaymanto.**

El aguaymanto tiene nutrientes como vitamina A, fibra, proteína, potasio, fosforo, hierro y zinc, se destaca los azúcares, pectinas, almidones, se encuentran varios ácidos que le dan el carácter ácido y contribuyen a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, a continuación, se muestra la composición nutricional del aguaymanto en la tabla 3

**Tabla 3. Composición Nutricional del Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).**

<b>Componentes</b>	<b>Contenido de 100g de parte comestible</b>	<b>Valores diarios recomendados (basado en una dieta de 2000 calorías)</b>
Calorías	73.00 kcal	
Agua	78.90 g	180 g
Carbohidratos	19.60 g	300 g
Grasas	0.16 g	65 g
Proteínas	0.054 g	50 g
Fibra	4.90 g	25 g (mínimo)
Cenizas	1.01 g	
Calcio	8.00 mg	162 mg
Fósforo	55.30 mg	125 mg
Hierro	1.23 mg	18 mg
Vitamina A	1460.00 U.I.	5000 UI
Tiamina	0.101 mg	1.5 mg
Riboflavina	0.032 mg	1.70 mg
Niacina	1.730 mg	20 mg
Ácido Ascórbico	43.00 mg	60 mg

**Fuente** (Villacís, 2014)

### **2.2.2. Color en los Alimentos.**

Los colores en los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante el manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Según (Rettig & Ah-Hen, 2014), las causas que definen la coloración de un alimento son las siguientes:

- La presencia de pigmentos o colorantes naturales, que son sustancias que tienen una función biológica muy importante en el tejido, tal como en el caso de la clorofila y la fotosíntesis, y de la mioglobina y el almacenamiento muscular del oxígeno, entre otros. En este sentido cabe indicar que algunos de estos pigmentos se extraen de un estado natural y se emplean como colorantes en la elaboración de un número de alimentos.
- La formación de pigmentos colorantes como consecuencia de reacciones químicas o enzimáticas. Un ejemplo muy conocido es el cambio de color durante la cocción o en general

un tratamiento térmico de los alimentos. Estos desarrollaran que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, mediante las reacciones de Maillard y de caramelización.

- La adición intencionada de sustancias químicas colorantes para dar el color a las bebidas refrescantes.
- El efecto físico de los sistemas fisicoquímicos presentes en el alimento y relacionado con la dispersión de la luz. El color blanco de la leche es causado por los glóbulos de grasa y las micelas de la caseína y el fosfato de calcio coloidal, aunque también influye la presencia de carotenos y riboflavina. Cuando más pequeños sean los glóbulos de grasa, principales responsables de la dispersión de la luz, mayor será el efecto de la dispersión y mayor la blancura de la leche.

#### **a) Color en las frutas.**

El parámetro físico más utilizado para evaluar la madurez, es el color de la fruta dado que es un método sencillo, rápido y económico, pero no es muy confiable, por lo que debe combinarse con algún otro parámetro para tener mayor confiabilidad sobre el estado de madurez de la fruta. La medición del color se ve afectada por muchos factores tales como la iluminación, el observador, la naturaleza y características de la propia superficie (tamaño de la muestra, su textura y brillo). El color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hacen control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros ( Borja & Nevado, 2016).

#### **2.2.3. Acidez.**

La acidez representa la cantidad de ácidos orgánicos libres presentes en un determinado cuerpo de agua o en un residuo líquido y se mide por el método volumétrico neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte. Se utiliza para expresar la cantidad de un ácido presente en una disolución dada. El resultado de la acidez se expresa en función de un ácido dado (Chura y otros, 2017).

#### **a) Acidez en frutas.**

La mayoría de las frutas son ricas en ácidos orgánicos que están en forma libre o combinada como sales, esterres, glucósidos, etc. Entre los ácidos más comunes está el ácido cítrico ( $C_{12}H_{24}O_7$ ) que se encuentra presente en las frutas cítricas como las naranjas y el ácido láurico ( $C_{12}H_{24}O_2$ ) que

se encuentra en alimentos que contienen grasas saturadas naturales como el coco. El valor de la acidez es usado como parámetro de calidad en los alimentos, ya que nos indica la cantidad del ácido predominante en las frutas, los cuales influyen en su sabor, color y estabilidad, la acidez cambia de manera significativa según la variedad de las semillas y la maduración de la fruta, es decir, si la fruta está madura, el contenido de sólidos solubles aumenta y el de ácidos disminuye (Velásquez & Cristóbal, 2017).

#### **2.2.4. Sólidos Solubles (°Brix)**

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los de las células del alimento. Se determinan empleando un refractómetro calibrado y a 20 °C. Si la pulpa o jugo se hallan a diferente temperatura en que se realice la lectura ( Hervas, 2011).

##### **a) Sólidos solubles en las Frutas.**

En las frutas especialmente en las maduras los sólidos solubles tienen importancia por estar formados de compuestos orgánicos que en gran medida determinan, el sabor, el color y en general la calidad de las frutas. Existen muchos factores que pueden influir de manera importante en los valores de °Brix como son la variedad de las semillas, la madurez o etapa de crecimiento de la fruta, las condiciones ambientales como la luz solar, la temperatura y la humedad. Tanto los sólidos solubles como los azúcares tienden a aumentar durante el proceso de maduración, mientras que los ácidos tienden a disminuir (Gómez & Benítez, 2018).

#### **2.2.5. pH.**

El pH o potencial de hidrógeno es la medida de acidez o alcalinidad de una solución. Se lo define también como el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones de hidrógeno. Nos indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias. Los valores del pH están entre 0 y 14. Una sustancia es ácida cuando su pH está entre 0 a 6, una sustancia es básica o alcalina cuando un pH está entre 8 a 14 y una sustancia es neutra cuando su pH está en 7, es decir no es ni ácido ni básico. Mientras más lejos esté el valor de 7, la sustancia será más ácida o básica. La determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes porque nos ayuda a saber que sustancia es buena para el organismo y cual no (Arce & Quispe, 2016)

### **a) El pH en los Alimentos.**

El control del pH es muy importante en la elaboración de los productos alimentarios, tanto como indicador de las condiciones higiénicas como para el control de los procesos de transformación. El pH, como la temperatura y la humedad, son muy importantes para la conservación de los alimentos. De ahí que generalmente, disminuyendo el valor de pH de un producto, aumenta el periodo de conservación (Velásquez & Cristóbal, 2017).

### **b) pH en Frutas.**

Según Fernández & García, (2010). El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de un producto y varía dependiendo el producto. Un valor de pH entre 2.5 y 5.5 prolonga la conservación de la fruta fresca e inhibe la reproducción de microorganismos, lo mismo ocurre con las verduras en un intervalo entre 4.6 y 6.4. El rango de pH para microorganismos se define como un valor mínimo y un valor máximo con un pH óptimo en el cual se obtiene el mejor crecimiento. La mayoría de los microorganismos crecen mejor a un pH neutro o cercano a la neutralidad. Los productos alimenticios pueden ser clasificado de acuerdo a su acidez en:

Alta acidez ( $\text{pH} \leq 3,5$ )

Acidez intermedia ( $\text{pH} 3,5$  a  $4,5$ )

Baja acidez ( $\text{pH} \geq 4,5$ )

#### ***2.2.6. Factores Postcosecha Que Afectan La Calidad Del Fruto***

Los procesos fisiológicos que más inciden en el deterioro de las frutas durante la postcosecha son la respiración y la transpiración, los cuales son acelerados por condiciones de temperatura y humedad a las que se somete el producto durante las fases de cosecha. Las frutas una vez cosechadas cuentan únicamente con las reservas de nutrientes almacenados y como ya no puede reponerlos, en la medida en que se van agotando tales reservas, se produce el proceso de senescencia o envejecimiento (Badui, 2013).

**a. Respiración.** La respiración es un proceso central en las células de las frutas y vegetales después de cosechados, que produce la liberación de energía a través de la ruptura de los compuestos de carbono y la formación de esqueletos necesarios para el mantenimiento y reacciones sintéticas durante la maduración postcosecha. Por tanto, involucra reacciones complejas que en condiciones normales requiere de la presencia de ( $\text{O}_2$ ) para la degradación de los compuestos (respiración aeróbica). Sin embargo, cuando los niveles de oxígeno son muy

bajos, la respiración se desplaza hacia la ruta anaeróbica, generándose compuestos volátiles como el acetaldehído y etanol, que pueden dar origen a malos sabores. Basándose en los patrones de respiración y producción de etileno ( $C_2H_4$ ) durante la maduración, los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos (Caudillo, 2016).

- b. Etileno.** El nivel de etileno en frutas aumenta con la madurez de la fruta, el daño físico, incidencia de enfermedades y temperaturas altas. El almacenamiento refrigerado y el uso de atmósferas con menos de 8 % de  $O_2$  y más de 2 % de  $CO_2$ , contribuyen a mantener bajos niveles de etileno en el ambiente de postcosecha. Concentraciones de etileno de 1-10 ppm normalmente saturan la respuesta fisiológica en la mayoría de los tejidos. Por el contrario, la producción de este gas se incrementa en los tejidos vegetales en temperaturas de 0 °C a 25 °C. No obstante, temperaturas mayores que 30 °C restringen drásticamente la síntesis y acción del etileno (Villalobos, 2009)
- c. Actividad De Agua ( $a_w$ ).** La actividad de agua ( $a_w$ ) es una de las propiedades más importantes que controlan el desarrollo de microorganismos en alimentos. La actividad de agua ( $a_w$ ) se puede definir como la cantidad de agua libre o disponible en un producto alimenticio. Los requerimientos de humedad de los microorganismos son expresados en términos de ( $a_w$ ); por lo tanto, la ( $a_w$ ) determinará cuál será el límite bajo para el crecimiento de microorganismos en un producto alimenticio.

Los alimentos se pueden clasificar ampliamente de acuerdo a la actividad de agua en:

Alimentos de alta actividad de agua ( $> 0,92$ )

Alimentos de humedad intermedia (0,85-0,92)

Alimentos de baja actividad de agua ( $< 0,85$ )

El efecto de la actividad de agua de los alimentos depende de la composición de los solutos. Se han encontrado diferentes reacciones microbianas a la misma actividad de agua ajustadas con diferentes solutos, e idénticas reacciones microbianas a diferente actividad de agua ajustadas con diferentes solutos. Como regla general, la presión de vapor relativa se incrementa cuando incrementa el peso molecular de los solutos para una misma concentración de solutos (Fernández & García, 2010).

A continuación, en la tabla 4 se detalla los valores de actividad de agua de algunos alimentos entre ellos las frutas frescas.

**Tabla 4. Valores de actividad de agua ( $a_w$ ) de algunos alimentos**

$A_w$	Alimentos
0,97	Frutas, vegetales, jugos, huevos, carne
0,96	Quesos, pan
0,86	Mermeladas
0,72-0,80	Frutas secas
0,75	Miel
0,10	galletas, cereales, azúcar

Fuente (Badui, 2013)

**d. Transpiración o Pérdida De Agua.** El agua es el componente principal de las células vivas es también el de los alimentos: la forma, frescura y jugosidad de los alimentos viene determinada en gran parte por los diversos modos de coordinarse el agua con las materias insolubles. La transpiración es la principal causa de la pérdida de agua de las frutas y vegetales ocasionando pérdidas de peso, deterioro en la apariencia (marchitamientos y arrugamientos), disminución de firmeza (ablandamiento, pérdida de turgencia), cambios en la calidad nutricional, además de una mayor susceptibilidad a determinadas alteraciones tanto fisiológicas como patológicas (Caudillo, 2016).

### 2.2.7. Vida Útil.

La vida útil es el periodo en que un alimento mantiene características sensoriales y de seguridad aceptables para el consumidor final (que satisfaga sus expectativas), almacenado bajo condiciones óptimas preestablecidas. Algunos sinónimos de vida útil son vida de anaquel y vida en estante. Es necesario el entendimiento de la estabilidad de un producto y los factores que la afectan como composición, procesamiento, envase, humedad, temperatura, lo que puede conducir a la optimización de su vida útil y las predicciones relacionadas. Los procesos involucrados en la vida útil de un producto son: transferencia de agua (actividad de agua ( $a_w$ ) del alimento respecto a la humedad relativa del ambiente), hidrólisis de sacarosa, actividad enzimática, degradación de vitaminas, cambios de color/aspecto, cambios de sabor, cambios de textura, crecimiento/actividad microbiana (Gómez & Benítez, 2018).

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales. La finalización de la vida útil de alimentos implica que el consumo sea un riesgo para la salud del consumidor, o que las propiedades sensoriales se deterioren hasta niveles en que el alimento es rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos (Borja, 2010).

#### **2.2.8. *Recubrimientos y películas comestibles***

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. Los recubrimientos comestibles en frutas crean una atmósfera modificada en el interior de estas, reduciendo la velocidad de respiración y retrasando el proceso de senescencia, debido a que crean una barrera a gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y vapor de agua). Esto retrasa el deterioro de la fruta causado por la deshidratación, mejorando las propiedades mecánicas, ayuda a mantener sus características fisicoquímicas (Caudillo, 2016).

#### **2.2.9. *Uso y Funciones De Las Películas y Recubrimientos Comestibles.***

El uso de películas y recubrimientos comestibles en alimentos, evitan la pérdida o ganancia de humedad que provoca una modificación en su textura y turgencia, retardan los cambios químicos como el color, aroma, y valor nutricional, ya que actúan como barrera contra el intercambio de gases que influye en la estabilidad química y microbiológica, además de evitar el daño mecánico por manipulación. La aplicación de películas y cubiertas comestibles elaborados con biomoléculas, también puede funcionar como un microsistema que ayuda a modificar las atmósferas del interior de los productos vegetales, lo que representa una alternativa para la conservación de productos hortofrutícolas frescos, al reducir significativamente la pérdida de peso, agua y el intercambio de gases, así como retrasar el envejecimiento y mejorar la calidad sensorial de estos (Solano et al., 2018)

#### **2.2.10. *Aceites esenciales***

Los Aceites Esenciales son compuestos naturales, líquidos volátiles, de composición compleja con agradable aroma, que provienen de plantas a las que aportan olores particulares, generalmente gratos, y que son extraídos mediante múltiples técnicas de las cuales la más común es la destilación. También se definen como mezclas de componentes volátiles, productos del

metabolismo secundario de las plantas, compuestos en su mayor parte por hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos que corresponden a la fórmula  $(C_6H_8)_n$ , junto con otros compuestos casi siempre oxigenados que transmiten a los aceites esenciales el aroma que los caracteriza (Montoya, 2010).

#### **a) Principales Propiedades Físicas De Los Aceites Esenciales**

Son líquidos a temperatura ambiente, aromáticos y generalmente ligeros, con densidad inferior a la del agua, aunque hay excepciones. A diferencia de los aceites vegetales son volátiles y su textura no es grasa. Sus puntos de ebullición son altos, por encima del del agua. Presentan actividad óptica e índice de refracción alto, propiedades que se utilizan para determinar su pureza. Son insolubles en agua y otros disolventes polares, pero solubles en alcohol y en la mayoría de disolventes orgánicos como el cloroformo y la acetona. En lo relativo a su composición química, los aceites esenciales son mezclas de elevada complejidad constituidas principalmente por terpenos. Los terpenos son un grupo de hidrocarburos inodoros que contribuyen muy poco al aroma y actúan como base diluyente del aceite esencial. Los responsables del aroma suelen ser sustancias que se encuentran en menor proporción, que son los compuestos orgánicos con grupos funcionales como cetonas, alcohol, éster, aldehído, éter, etc. A pesar de ser estos los componentes minoritarios, su presencia y combinación en los aceites esenciales es primordial para que estos tengan su aroma característico (Casado, 2018).

#### **b) Aceites Esenciales Como Aditivos Antimicrobianos**

Los aceites esenciales evitan el deterioro de los alimentos causado por la presencia de microorganismos. La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales consiste principalmente en la alteración de la membrana y la pared celular, ya que pueden penetrar fácilmente a través de estas gracias a su naturaleza hidrófoba. El cambio de permeabilidad en estas estructuras provoca la fuga de constituyentes celulares, además los aceites pueden interferir con las propiedades funcionales de las células, lo que conduce a la inactivación y muerte microbiana. La acción antimicrobiana es mayor en bacterias grampositivas debido a la presencia e interacción directa con la capa de peptidoglicano. Mientras que, en las bacterias gramnegativas, su membrana externa contiene lipopolisacáridos que crean una barrera contra las moléculas hidrófobas, lo cual impide su paso y por ende mayor resistencia (Cofre, 2022).

### c) Aceite Esencial De Orégano.

El aceite esencial de orégano es el primer antiséptico natural y tiene amplio poder microbicida, puede bloquear el crecimiento de hongos, así como también inhibe el crecimiento de la mayoría de bacterias. El aceite de orégano contiene carvacrol y timol compuestos que trabajan juntos con efecto sinérgico para potenciar las propiedades antisépticas. Su eficacia es aumentada por su seguridad, debido a que no es tóxico (Ubaque, 2020).

En la tabla 5 se muestra la composición química del aceite esencial de orégano que fue utilizado en la investigación.

**Tabla 5.** *Composición química del aceite esencial del orégano (Origanum vulgare)*

Composición	Porcentajes
Phellandreneos	1,75
P-cymenecoccus aureus	8,88
Trans-sabinene hydrate	3,53
Linatool	1,47
Cissabinene hydrate	18,88
4-terpineol	9,43
Terpineol	2,76
Linalyl acetate	7,40
Thymyl-metyl-eter	2,07
Carvacrol	7,72
Trans-caryophyllene	2,76
Spathulenol	2,26
Caryphyllene oxide	2,21
Palmitic acid	8 39 1
9, 12-octadecadienoic acid	8,29
9, 12,15 octadecatrienal	5,08
2-methyl-hexanal	1,74
2-dodecanona	2,52
1 ,3,3trymethyl-2-(3methyl-2- methylene	2,40

**Fuente** (M. A. López, 2008)

### 2.2.11. Quitosano

Es un polisacárido, que se obtiene por desacetilación de la quitina obtenida a partir de los desechos de los crustáceos, en el exoesqueleto de los insectos y en la pared celular de los hongos. Tiene la capacidad de formar películas con excelentes propiedades mecánicas y permeabilidad selectiva a gases, sin embargo, la alta permeabilidad al vapor de agua, limita su aplicación. Debido a la capacidad de formación de películas, es utilizado para mejorar la calidad y extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas frescas y procesadas.

La actividad antimicrobiana del quitosano depende de la concentración, peso molecular y grado de desacetilación. El quitosano se puede preparar en soluciones de diversos ácidos orgánicos que, al secarse, permiten la formación películas flexibles y transparentes películas resistentes que han demostrado ser buenas barreras de oxígeno.

El quitosano es un polímero, polisacárido lineal compuesto de cadenas distribuidas aleatoriamente de  $\beta$ -(1-4)-2-acetamido-D-glucosa y  $\beta$ -(1-4)-2-amino-D-glucosa, este último excede casi el 60 %. Se encuentra en estado natural en las paredes celulares de algunos hongos; sin embargo, su principal fuente de producción es la hidrólisis de la quitina en medio alcalino, usualmente en soluciones de hidróxido de sodio o de potasio a altas temperaturas (Solano et al., 2018)

**Propiedades Físicoquímicas Del Quitosano.** La quitina es sometida a un proceso de desacetilación termoquímico en un medio alcalino, las condiciones de temperatura, presión, concentración y tiempo determinan el peso molecular del quitosano y su grado de desacetilación. El contenido de nitrógeno del quitosano puro es aproximadamente del 6,89%, el grupo amino libre en la estructura del quitosano le proporciona un comportamiento marcadamente básico, además le confiere ciertas características fisicoquímicas de gran interés industrial; sus grupos amino permiten que se solubilice fácilmente en medios ácidos (Ubaque, 2020)

**Grado De Desacetilación.** El grado de desacetilación (GD) permite diferenciar el quitosano de la quitina y determina las propiedades químicas, físicas y biológicas del quitosano, El grado de desacetilación determina principalmente el contenido de grupos amino libres en el polisacárido. El grado de desacetilación de quitosano generalmente se completa después de tratar con solución concentrada de hidróxido de sodio o potasio (40–50 %) generalmente a 100 °C durante 30 minutos para eliminar algunos o todos los grupos acetilo del polímero normalmente el quitosano comercial tiene un grado de desacetilación del 70 al 90 % y en algunas aplicaciones biomédicas se utiliza con un grado de desacetilación mayor al 95 %, la quitina con un grado de desacetilación del 75 % o superior se conoce como quitosano. El grado de desacetilación es uno de los factores

más importantes para evaluar sus aplicaciones en los campos médico, nutricional, de tratamiento de aguas residuales y biotecnológico (Preciado, 2022)

**Peso Molecular.** Para cualquier polímero, la solubilidad y la viscosidad dependen de su peso molecular, pero para el quitosano su efecto se extiende a sus propiedades biológicas, por lo que la determinación de su masa atómica adquiere gran importancia. Si se logra conocer el peso molecular y la conformación de las moléculas del biopolímero, se pueden estimar una gran cantidad de propiedades reológicas y mecánicas, como su coeficiente de fricción y de sedimentación, su volumen hidrodinámico, entre otras. Para la determinación del peso molecular de los polímeros, existen varios métodos conocidos, como: viscosimetría, o sonometría de membrana, cromatografía de exclusión molecular SEC por sus siglas en inglés (Size exclusion chromatography) o GPC (Gel permeation chromatography) y dispersión de luz (Ubaque, 2020).

**Solubilidad.** Según (Saborit, 2015), El quitosano es soluble en diferentes medios y distintos factores ejercen efecto sobre esta propiedad. En condiciones ácidas, los grupos amino del quitosano se protonan favoreciendo la expansión y solvatación de las cadenas. Al introducir el quitosano en estado sólido en una solución ácida se ionizan sus grupos amino con los iones  $H_3O^+$  disponibles en la solución. Al protonarse los grupos amino, el quitosano se convierte en un polielectrolito catiónico soluble. Lo que le sucede físicamente, es que, al estar ionizadas las aminas, estas son incapaces de formar puentes de hidrógeno con los ácidos carboxílicos del monómero, disminuyéndose el impedimento a la rotación, adicionalmente, la molécula acetilo es más pesada que la amina y al reducirse la presencia de estas, se ofrece una mayor rotación estérica, incrementándose la flexibilidad de la cadena polimérica y facilitando que el quitosano pase a ser un fluido. Por otro lado, el paso al estado líquido también se da gracias a que se altera el estado de carga del quitosano y este se convierte en un poli-ión positivo, y, por lo tanto, empieza a formar parte de los iones disueltos en el medio acuoso. El quitosano es normalmente soluble a un pH menor de 6 y los factores que se deben tener en cuenta cuando se solubiliza son: El grado de desacetilación, la distribución de los grupos acetilos y aminos a lo largo de la cadena

**Toxicidad.** El quitosano es considerado no tóxico y como un polímero biológicamente compatible con los seres vivos. El quitosano ha sido aprobado en aplicaciones dietarias en Japón, Italia y Finlandia. Este tiene un efecto en los ácidos biliares usados por el cuerpo para emulsificar contenidos insolubles como lípidos y colesterol en el estómago, previniendo su flujo a través de la mucosa intestinal y precipitándolos en el intestino delgado. La FDA aprueba el uso del quitosano en apósitos para heridas, también en el tratamiento

de aguas; sin embargo, ciertas modificaciones implementadas en el quitosano podrían hacerlo más o menos tóxico por causa de los residuos de los reactantes que deben ser retirados cuidadosamente (Preciado, 2022)

**Mecanismo de acción del quitosano como antimicrobiano.** La actividad antimicrobiana del quitosano es de amplio espectro y por lo tanto es capaz de actuar contra un número considerable de bacterias (Gram positivas y Gram negativas), hongos filamentosos y levaduras. Durante años se han llevado a cabo investigaciones con el fin de conocer el mecanismo mediante el cual el quitosano ataca los microorganismos y los principales factores que influyen en este. De esta forma, se ha encontrado que la actividad antimicrobiana es una característica que depende de diversos factores entre los que cuentan: los factores microbianos, factores intrínsecos del quitosano, estado físico y factores ambientales (Ubaque, 2020)

### **2.3. Definición de términos básicos.**

**Antimicrobiano:** Se refiere a cualquier agente que interfiera con el crecimiento y la actividad de los microorganismos. Los antimicrobianos se usan en los alimentos por dos razones principales, para controlar los procesos naturales de deterioro y para prevenir y controlar el crecimiento de microorganismos (Guardiola, 2020).

**Aceites esenciales:** La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se debe a la inhibición o interacción de la mezcla de compuestos con múltiples blancos en la célula. Los aceites esenciales de varias plantas han demostrado, in vitro, capacidad antimicrobiana variable contra bacterias gram positivas y gram negativas. Estos aceites también han demostrado capacidad antimicrobiana al ser adicionados a diferentes tipos de alimentos como carnes, pescado, lácteos, entre otros (Bermúdez et al., 2018).

**Recubrimientos comestibles:** Un recubrimiento comestible es definido como una capa delgada de material comestible formado como un revestimiento sobre el alimento. Las coberturas de base polisacárida suelen usarse en frutas ya que reducen la tasa respiratoria y el intercambio de gases gracias a su permeabilidad selectiva al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub> (M. A. Rojas, 2006)

**Aceite Esencial De Orégano:** Se ha encontrado que los aceites esenciales de las especies del género *Origanum* presentan actividad contra bacterias gram negativas, gram positivas y tiene además capacidad antifúngica. Los fenoles carvacrol y timol presentes en el aceite esencial poseen los niveles más altos de actividad contra microorganismos gram negativos (Rodríguez, 2011)

**Quitosano.** Este polisacárido de alto peso molecular, normalmente obtenido por deacetilación alcalina de la quitina proveniente de crustáceos, es ampliamente utilizado como recubrimiento comestible. Este tipo de recubrimiento es efectivo en prolongar la vida útil y mejorar la calidad de frutas ya que presenta una alta permeabilidad selectiva frente a los gases, una ligera resistencia al vapor de agua, además de poseer propiedades antifúngicas (M. A. Rojas, 2006)

**Vida útil.** La vida útil depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad de agua, humedad relativa, radiación, concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones (López, 2014).

**Acidez titulable.** La titulación ácido-base consiste en la determinación de la concentración de un ácido o base cuando se le agrega un volumen de concentración conocida (Vera, 2021).

**Sólidos solubles (° Brix).** La escala Brix se destina para medir la cantidad de sólidos solubles presentes en zumos de frutas, vino o bebidas procesadas. Éstos determinan el contenido de sacarosa disuelta en un líquido, siendo un grado Brix el índice de refracción que da una disolución del 1% de sacarosa (Vera, 2021).

**Color.** Los cambios físico-químicos como el color se hallan directamente relacionados con la maduración, siendo una medida inicial para conocer el estado de la fruta (Cazar, 2016).

**pH.** El pH es una medida de la concentración molar del ión hidrógeno H<sup>+</sup>. La escala de valores es logarítmica y varía entre 0 y 14. El valor del pH de una disolución neutra es de 7. Las disoluciones ácidas varían entre 0 y 7, mientras las disoluciones básicas varían entre 7 y 14.

**Determinación del índice de madurez.** La determinación del índice de madurez de la fruta se obtiene mediante la relación entre la acidez y el porcentaje de sólidos solubles (°Brix), expresados en g./ml (Vera, 2021).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización de la Investigación.

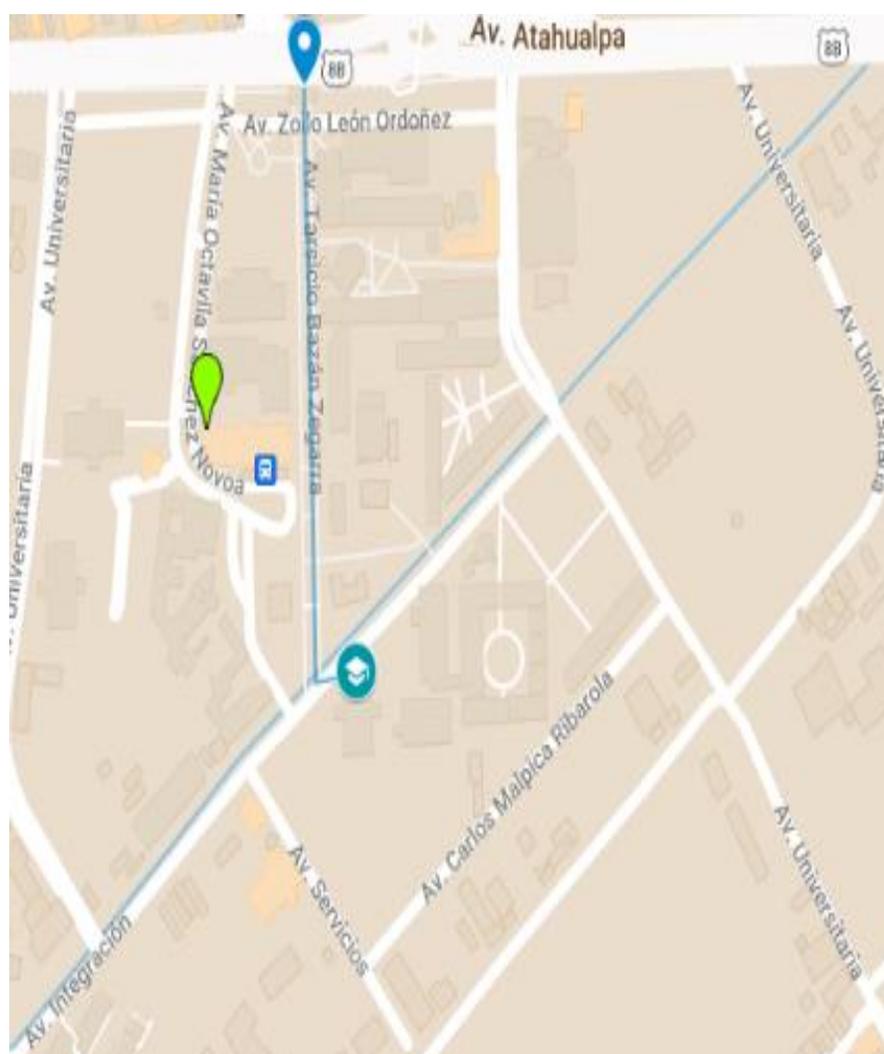
Esta investigación experimental se realizó en la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, en el Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de alimentos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

En la figura 1 se muestra el mapa en donde se ejecutó esta investigación experimental.

**Figura 1** *Localización de la investigación*

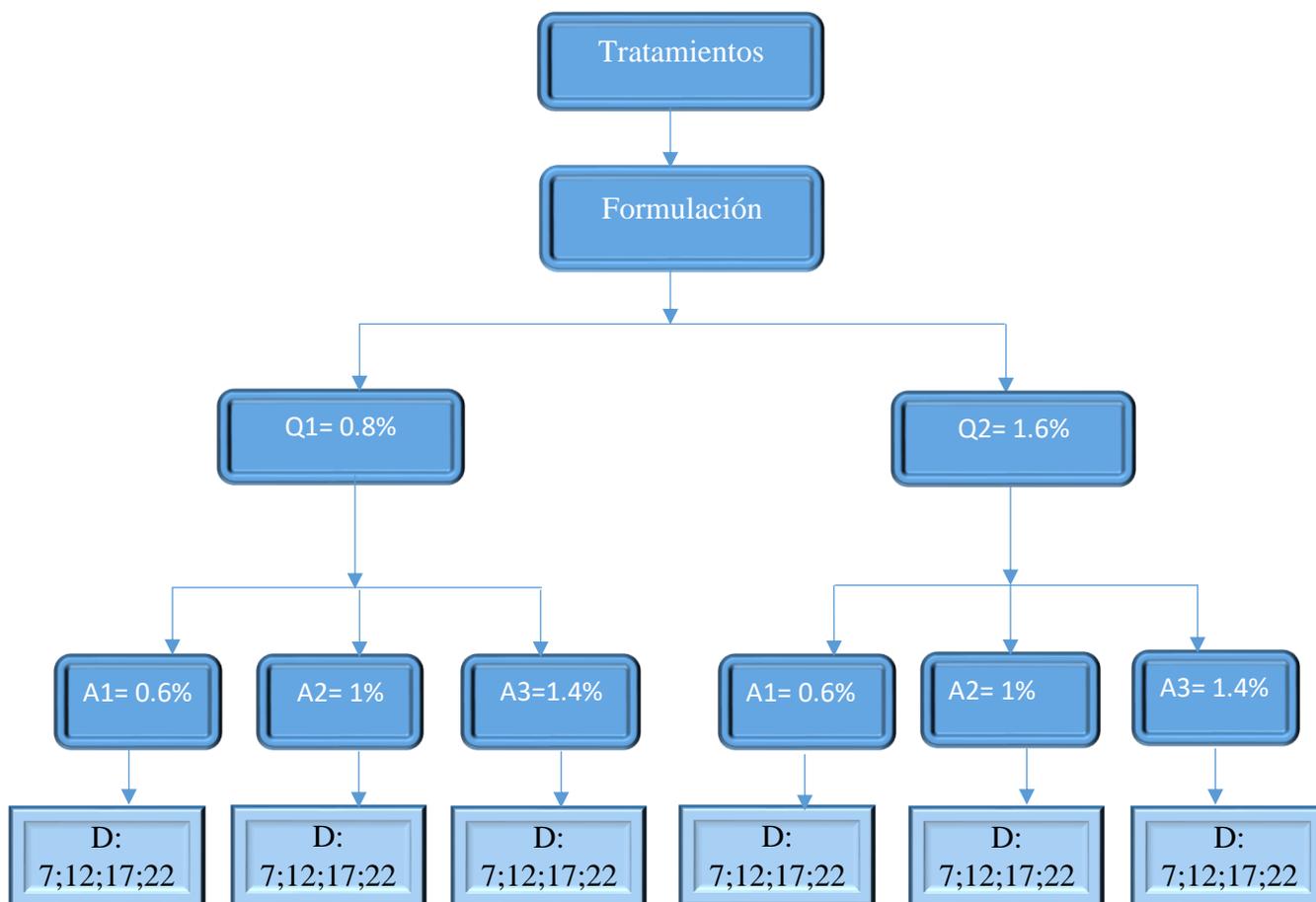
Mapa de localización de la Investigación

-  Ingeniería En industrias Alimentarias
-  Puerta principal unc
-  Ruta



### 3.2. Tipo y Diseño De La Investigación.

El tipo de investigación es cuantitativa, se aplicarán diseños experimentales ya que se manipularán 3 variables independientes para medir los efectos sobre las 4 variables dependientes.



Fuente (Balaguera-López et al., 2016)

#### 3.2.1. Materiales Experimentales.

##### Materia Prima e Insumos.

**Fruta.** Se utilizó 20 kg de uvilla o aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), procedente del distrito de Jesús-Cajamarca, la cual se clasificó teniendo en cuenta el tamaño, color de cáliz y presencia de daños físicos.

- Se adquirió aceite esencial de orégano con un contenido de 83.7 % de carvacrol y 8.15 % de timol, este aceite fue adquirido de la empresa Eco Valle de la ciudad de Trujillo.

- Se utilizó quitosano de calidad alimentaria con un grado de desacetilación del 91.9 %, viscosidad 10 - 200 milipascal – segundo y con un PH de 8.0 se adquirió de (Actigen Nova S.A. en laboratorios industriales de SERCOIN S.C.I S.A., empresa del Grupo Mathiesen, bajo Certificación ISO 9001- 2008 BUREAU VERITAS.

#### **Materiales de Laboratorio.**

- Alcohol.
- fenolftaleína.
- Agua destilada.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 normal
- Tween 80
- Ácido glicérico

#### **Materiales de Proceso**

- Embaces de tereftalato (PET)
- Mesa de acero inoxidable
- Papel toalla.
- Cuchillos
- Crisoles

#### **Equipos de Análisis.**

- Colorímetro marca KONICA - MINOLTA
- Refractómetro digital marca HANNA modelo HI96801
- Balanza analítica marca METTLER TOLEDO modelo AB204-S/FACT
- Balanza digital de 10 kilogramos marca KITCHEN SCALE
- Matraz Erlenmeyer
- Buretas
- Fiolas.
- Vasos Baker
- Estufa marca MEMMERT Modelo Be 20

### 3.2.2. Factores, Variables (independientes), Niveles y Tratamientos en Estudio

El diseño experimental que se utilizó fue factorial Q\*A\*D (2x3x4) con tres replicas. Los factores y niveles de estudio son:

A continuación, se describen los factores, variables y niveles de esta investigación experimental.

**Factor de estudio:** aguaymanto fresco.

#### **Factores**

A: Concentración de aceite esencial de orégano.

Q: Concentración de quitosano

#### **Niveles**

A<sub>0</sub>= 0μL/ml de aceite esencial de orégano

A<sub>1</sub>= 3ml de aceite esencial de orégano/ en 0.5L de disolución

A<sub>2</sub>= 5ml de aceite esencial de orégano en/ 0.5L de disolución

A<sub>3</sub>= 7ml de aceite esencial de orégano/ en 0.5L de disolución

Q<sub>0</sub>=0μl/ml de quitosano

Q<sub>1</sub>=4g de quitosano/en 0.5L de disolución

Q<sub>2</sub>=8g de quitosano/en 0.5 L de disolución

### 3.2.3. *Diseño Experimental y Arreglo de los Tratamientos.*

El diseño experimental y arreglo de tratamientos se muestra en la tabla 6 en donde se muestra el factor A que representa a la cantidad de aceite esencial, a factor Q el que representa a la cantidad de quitosano y el factor D días.

**Tabla 6.** *Diseño experimental*

<b>Muestra</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor Q</b>	<b>Factor D</b>
A <sub>0</sub> Q <sub>0</sub> D <sub>0</sub> =T0	0	0	0
A <sub>0</sub> Q <sub>0</sub> D <sub>1</sub> =T0	0	0	7
A <sub>0</sub> Q <sub>0</sub> D <sub>2</sub> =T0	0	0	13
A <sub>0</sub> Q <sub>0</sub> D <sub>3</sub> =T0	0	0	18
A <sub>0</sub> Q <sub>0</sub> D <sub>4</sub> =T0	0	0	22
A <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>1</sub> =T1	3 ml	4 g	7
A <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>2</sub> =T1	3 ml	4 g	13
A <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>3</sub> =T1	3 ml	4 g	18
A <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>4</sub> =T1	3 ml	4 g	22
A <sub>1</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>1</sub> =T4	3 ml	8 g	7
A <sub>1</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>2</sub> =T4	3 ml	8 g	13
A <sub>1</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>3</sub> =T4	3 ml	8 g	18
A <sub>1</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>4</sub> =T4	3 ml	8 g	22
A <sub>2</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>1</sub> =T2	5 ml	4 g	7
A <sub>2</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>2</sub> =T2	5 ml	4 g	13
A <sub>2</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>3</sub> =T2	5 ml	4 g	18
A <sub>2</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>4</sub> =T2	5 ml	4 g	22
A <sub>2</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>1</sub> =T5	5 ml	8 g	7
A <sub>2</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>2</sub> =T5	5 ml	8 g	13
A <sub>2</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>3</sub> =T5	5 ml	8 g	18
A <sub>2</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>4</sub> =T5	5 ml	8 g	22
A <sub>3</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>1</sub> =T3	7 ml	4 g	7
A <sub>3</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>2</sub> =T3	7 ml	4 g	13

A <sub>3</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>3</sub> =T3	7 ml	4 g	18
A <sub>3</sub> Q <sub>1</sub> D <sub>4</sub> =T3	7 ml	4 g	22
A <sub>3</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>1</sub> =T6	7 ml	8 g	7
A <sub>3</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>2</sub> =T6	7 ml	8 g	13
A <sub>3</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>3</sub> =T6	7 ml	8 g	18
A <sub>3</sub> Q <sub>2</sub> D <sub>4</sub> =T6	7 ml	8 g	22

---

Fuente (Parra, 2022)

### 3.2.4. Evaluaciones Realizadas

#### a. Grados Brix

Los grados brix se evaluaron con un refractómetro digital, la lente del equipo se limpió con agua destilada y luego se introduce gotas del zumo de la muestra, en la pantalla del refractómetro digital se indica el valor de medición del contenido de azúcar y también la temperatura del ambiente en el que fue medido (Briceño & Castro, 2014) .

#### b. Acidez

El porcentaje de acidez se determinó por titulación, la muestra se trituró y se filtró. Una vez que se obtuvo el zumo se tomó una cantidad de 5 mL en un Erlenmeyer de 50 mL, luego se agregó 3 gotas del indicador fenolftaleína. Se deja caer gota a gota el (NaOH 0,1N) hasta que cambie a un ligero color rosa, seguido se anota el volumen de (NaOH 0,1) para realizar los cálculos (Morejón & Viznay, 2018).

El resultado se expresó en función del ácido cítrico y se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$A = \frac{(V_1 \times N_1 \times F)}{P} \times 100 \quad \dots \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

A: Acidez titulable.

V<sub>1</sub>: Volumen de NaOH gastado en la titulación (ml)

N<sub>1</sub>: Normalidad de la solución NaOH (meq/L)

P: Peso de la muestra utilizada para el análisis en (g)

F: Factor de acidez del ácido cítrico (0,064) (Chanaguano, 2016)

### c. Color

Para la determinación del color se utilizó el colorímetro KONICA-MINOLTA la escala CIE  $L^* a^* b^*$ . en este diagrama  $a^*$  y  $b^*$  indican direcciones de colores:  $-a^*$  es la dirección del color verde;  $+a^*$  es la dirección del color rojo;  $+b^*$  es la dirección del color amarillo;  $-b^*$  es la dirección del color azul.  $L^*$  indica luminosidad,  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas de cromaticidad ( Borja & Nevado, 2016).

$$\text{Saturación} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \dots \text{Ecuación (2)}$$

$$\text{Tono en variedades rojas} = \arctg b^*/a^* \quad \dots \text{Ecuación (3)}$$

$$\text{Tono en variedades verdes y amarillas} = a^* + b^* \quad \dots \text{Ecuación (4)}$$

### d. Humedad.

Para determinar el contenido de humedad se pesaron y rotularon los crisoles luego se pesó el crisol con la muestra y se introdujo a la estufa por un tiempo de 6 horas y a una temperatura de 105 °C pasado el tiempo se saca el crisol con la muestra seca y se procede a pesarlo siendo este el peso final (Tirado et al., 2014).

El porcentaje de humedad se calculó mediante la siguiente formula.

$$\%H = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad

Mu: el peso del crisol más la muestra fresca

Ms: el peso del crisol más la muestra seca

### e. Determinación de la vida útil del aguaymanto.

Para predecir y evaluar la vida útil se utilizan modelos matemáticos y programas software para definir el crecimiento microbiológico y algunas reacciones de deterioro, pruebas en tiempo real y pruebas aceleradas.

### Velocidad de la reacción.



La velocidad de la reacción depende de la velocidad de decrecimiento de la concentración de los reactivos y del crecimiento de la concentración de los productos con el tiempo. La cinética de deterioro de los alimentos se puede expresar matemáticamente por medio de ecuaciones de relación.

#### Modelo matemático

$$\frac{dA}{dT} = KA^n$$

A: Factor de calidad

d: derivada

T: Tiempo

N: Factor de orden de reacción

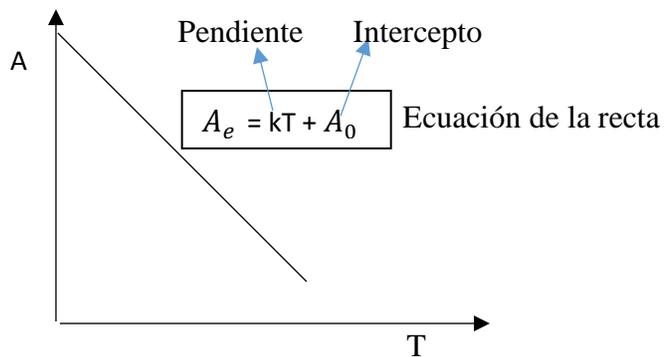
$A_0$ : Valor inicial

$A_e$ : Valor final, limite crítico en donde el alimento ya empieza a deteriorarse o punto de corte

K: Constante de deterioro

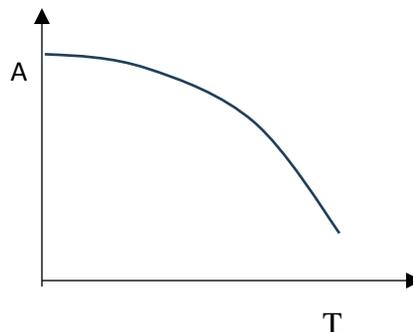
#### Ecuación de orden cero

$$K * T = A_e - A_0$$



#### Ecuación de orden uno

$$K * T = \ln A_e - \ln A_0$$



### 3.2.5. Procedimiento

#### Flujograma de Proceso de los Recubrimientos.



Fuente (Sani León, 2020)

## **Descripción del Flujograma**

### **Recepción de Materia Prima.**

En esta etapa se recepciona el fruto de aguaymanto para luego seguir con las siguientes actividades que involucra esta investigación.

### **Retiro de Cáliz.**

Una vez recepcionado el fruto de aguaymanto se procede a retirar manualmente el cáliz evitando los desgarros con el objetivo de facilitar la selección, clasificación y para poder aplicar el recubrimiento comestible a dicho fruto.

### **Selección y Clasificación.**

Se seleccionaron 20 kilogramos de aguaymanto que no presente daños físicos como: golpes, magulladuras, arrugas, cicatrices, desgarros y rajaduras. La clasificación se realizó de acuerdo al tamaño y color del aguaymanto.

### **Preparación de los Recubrimientos.**

- El aceite esencial de orégano con un contenido de 83.7 % de carvacrol y 8.15 % de timol, este aceite fue adquirido de la empresa Eco Valle de la ciudad de Trujillo. Dicho aceite se mezcló con agua destilada para la preparación del recubrimiento comestible, teniendo en cuenta los siguientes tratamientos:

(A1 = 0.6% de aceite esencial de orégano y 99.4% de agua destilada.)

(A2= 1% de aceite esencial de orégano y 99% de agua destilada.)

(A3= 1.4% de aceite esencial de orégano y 98.6% de agua destilada)

- Se midió 3ml, 5ml y 7ml de aceite esencial en una pipeta graduada para cada uno de los tratamientos respectivos se utilizaron 3 vasos Baker codificados respectivamente para cada tratamiento, se adiciono a cada vaso el volumen correspondiente de aceite esencial de orégano y se mezcló en 50 ml de agua destilada al mismo tiempo se añadió el emulsificante tween 80 en una concentración del 2% para que ayude a formar el recubrimiento comestible, posteriormente se agito durante 30 minutos para obtener una mezcla homogénea (Parra, 2022).

Se utilizó quitosano de calidad alimentaria con un grado de desacetilación del 91.9 %, viscosidad 10 - 200 milipascal – segundo y con un PH de 8.0 se adquirió de (Actigen Nova S.A. en laboratorios industriales

de SERCOIN S.C.I S.A., empresa del Grupo Mathiesen, bajo Certificación ISO 9001- 2008 BUREAU VERITAS.

- Para la preparación del recubrimiento comestible se tuvo en cuenta las siguientes concentraciones de quitosano:

(Q1 = 0.8% de quitosano y 99.2% de agua destilada)

Q2 = 1.6% de quitosano y 98.4% de agua destilada)

- Se peso en una balanza analítica la masa de quitosano correspondiente a 4g y 8g para cada uno de los tratamientos respectivos y se disolvió en 50 ml de agua destilada luego se añadió 0.5ml o 1% de ácido glicérico para facilitar la formación del recubrimiento comestible. Posteriormente se agito por un periodo de 30 minutos (A. M. G. Abanto, 2018).

- Una vez disueltos y homogenizados las diferentes concentraciones de aceite esencial de orégano y quitosano se mezclaron para posteriormente sumergir el fruto de aguaymanto.

### **Inmersión de la Fruta.**

Se realizó el recubrimiento de los frutos de aguaymanto por inmersión, los frutos se sumergieron en cada una de las soluciones correspondientes con concentraciones de 0.6%; 1% y 1.4% de aceite esencial mezclado con las concentraciones de quitosano 0.8% y 1.6% durante un tiempo de 30 segundos a 1 minuto.

### **Secado.**

Una vez transcurrido el tiempo de inmersión del fruto en el recubrimiento comestible se procedió a sacarlo en bandejas y se dejó secar a temperatura ambiente por el tiempo de 6 horas.

### **Almacenamiento.**

Una vez que el fruto esta ya seco se procedió a empaquetarlo en envases de una capacidad de 200 gramos para luego ser almacenados a temperatura ambiente y posteriormente evaluar el comportamiento de sus características fisicoquímicas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

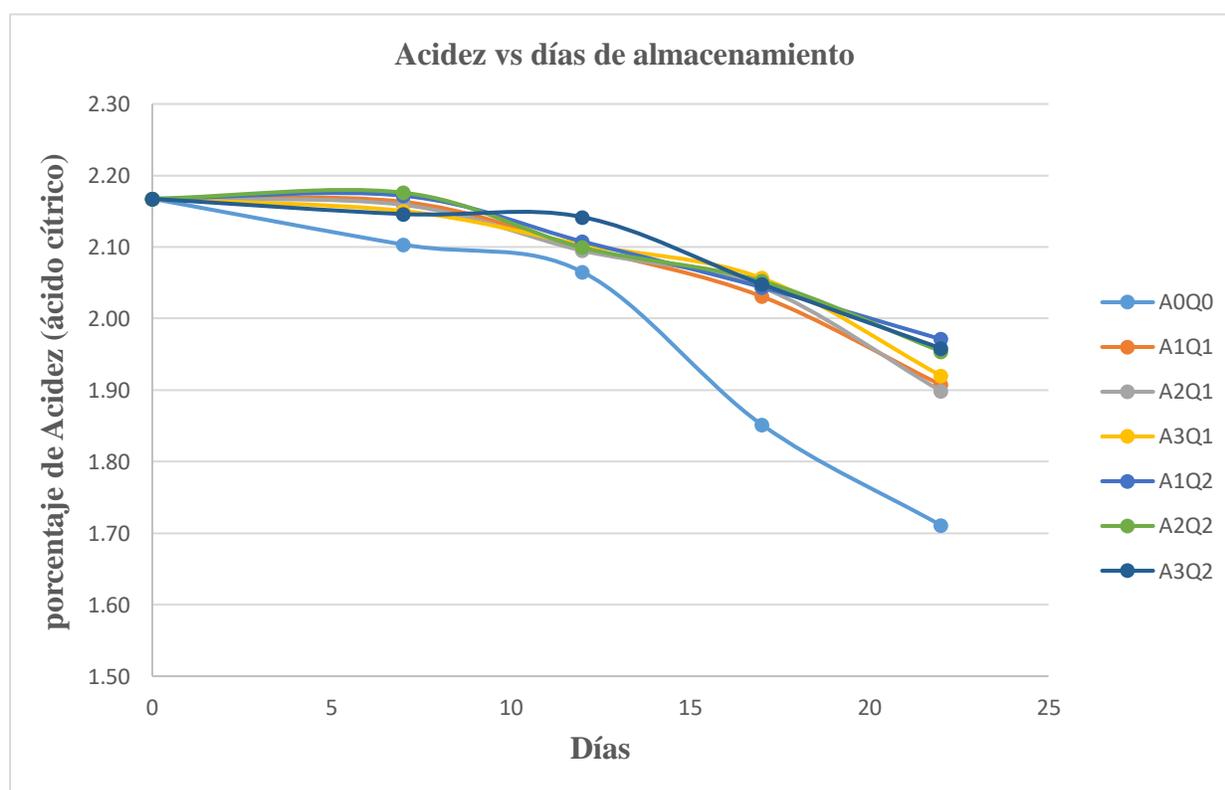
### 4.1. Análisis Físicoquímico del Aguaymanto.

En esta investigación para determinar el efecto del recubrimiento hecho a base de quitosano y aceite esencial de orégano en la vida útil del aguaymanto, se procedió a evaluar sus características físicoquímicas (acidez, color, grados brix y humedad), dichas características fueron evaluadas durante 22 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Como a continuación se describirán.

#### 4.1.1. Acidez

En la figura 2 se muestra cómo va variando el contenido de acidez.

**Figura 2** *Comportamiento de la acidez durante los 22 días de almacenamiento*



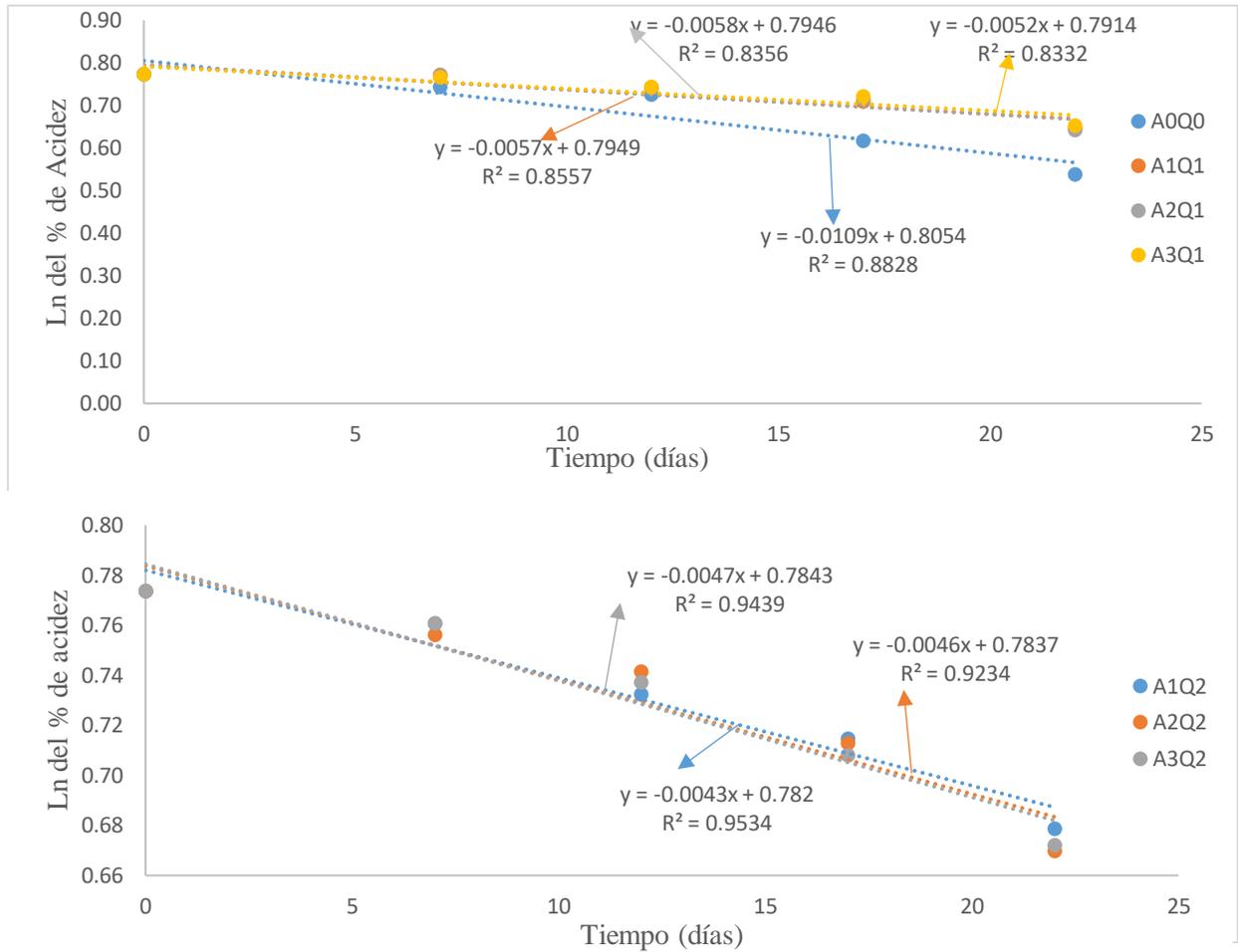
En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la variable dependiente (acidez), durante los 22 días de almacenamiento a temperatura ambiente donde podemos observar que todos los tratamientos durante los días que fueron analizados disminuyen su porcentaje de acidez esto ocurre porque el fruto sigue su proceso de maduración mediante el proceso biológico de la respiración, que continua después que el fruto es cosechado, en donde algunos ácidos orgánicos son utilizados como sustratos respiratorios y son transformados en azúcares mediante gluconeogénesis (Balaguera et al., 2016). El tratamiento patrón (A0Q0) al que no se le aplicó el recubrimiento

comestible presentó 1.71 % de acidez ( ácido cítrico) en el día 22, este tratamiento en el día 1 presentó 2.17 % de acidez (ácido cítrico) llegando a perder 0.46 % de acidez (ácido cítrico), mientras que a los tratamientos que se les aplicó el recubrimiento comestible mostraron una pérdida de acidez menor comparado con el tratamiento patrón, siendo el tratamiento (A1Q2) al que se le aplicó el recubrimiento comestible en una concentración de 0.6 % de aceite esencial de orégano y 1.6 % de quitosano y el tratamiento (A3Q2) al que se le aplicó el recubrimiento comestible en una concentración de 1.4 % de aceite esencial y 1.6 % de quitosano, estos dos tratamientos presentaron una pérdida en su contenido de acidez del 0.20 % llegando al día 22 con 1.97 % y 1.96 % respectivamente, por los resultados obtenidos y analizados en esta investigación los tratamientos con una concentración de 1.6 % de quitosano presentan una variación mínima en la disminución de acidez titulable esto quiere decir que esta concentración controla mejor la acción del etileno, esta hormona es la que regula la disminución de los ácidos orgánicos durante la maduración . Los resultados obtenidos con respecto a la acidez son también similares a los que obtuvo (Restrepo & Aristizábal, 2010) el mismo menciona que los recubrimientos con un mayor porcentaje de quitosano presentaron la menor variación de acidez con respecto al control es decir que los recubrimientos hechos con quitosano retrasan la tasa de respiración en la fruta por lo cual no existe una degradación de los ácidos orgánicos de manera rápida. Rojas(2018) menciona que las uvillas que fueron recubiertas por una película hecha a base de quitosano y aceite esencial de aleo vera, almacenadas en un lapso de 30 días mantienen un descenso de acidez lento que sugiere una maduración gradual, deduciendo así que estas frutas utilizan pocos ácidos para su metabolismo (respiración) mientras se les aplique un recubrimiento comestible, en esta investigación en la Figura1 se muestra un comportamiento similar respecto a su acidez del aguaymanto, se observa la fruta que fue recubierta por la mezcla de aceite esencial de orégano con quitosano tiene un descenso lento en todos los tratamientos, por lo tanto todos estos tratamientos mantienen la acidez de la fruta fresca durante los 22 días de almacenamiento siendo el tratamiento (A3Q2) el que presentó mejor resultado con un valor de 1.96 % en el día 22, el mismo que tiene una concentración (1.4 % y 1.6 %) de aceite esencial de orégano y quitosano respectivamente mientras que el tratamiento control no presentó una variación significativa hasta el día 12.

### **Determinación de la vida útil del aguaymanto con respecto a sus variables en estudio**

En la figura 3 se muestra la pendiente de las rectas restas de todos los tratamientos y los valores de acidez a los cuales se les sacó el logaritmo natural.

**Figura 3** *pendiente de las rectas de la variable acidez durante los días de almacenamiento*



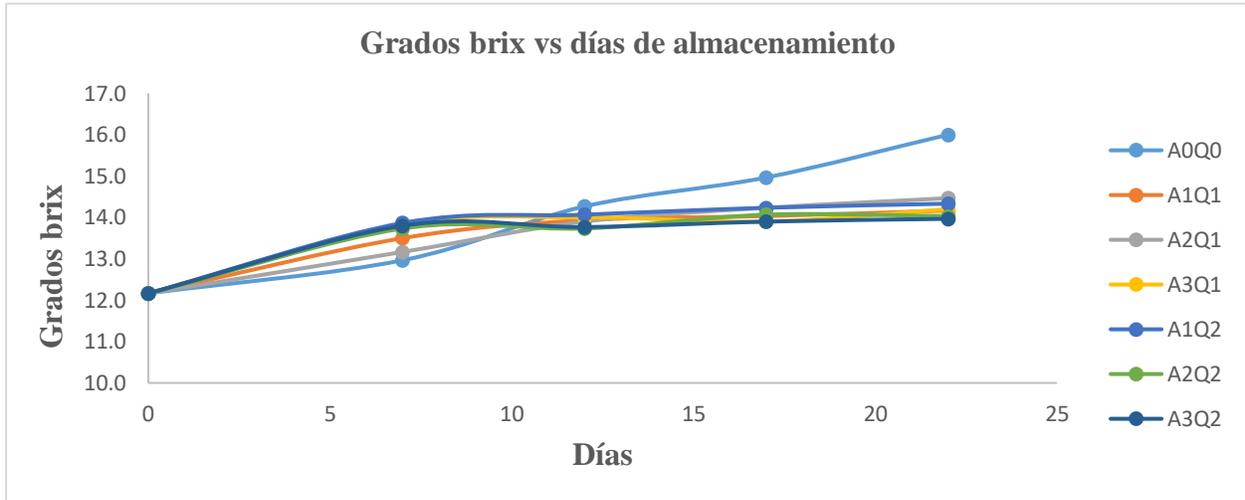
**Tabla 7.** Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a la acidez

Tratamiento	Pendiente	Intercepto	Límite crítico	Vida útil (días)
A0Q0	-0.0109	0.8054	0.64710324	15
A1Q1	-0.0057	0.7949	0.64710324	26
A2Q1	-0.0058	0.7946	0.64710324	25
A3Q1	-0.0052	0.7914	0.64710324	28
A1Q2	-0.0043	0.782	0.64710324	31
A2Q2	-0.0046	0.7837	0.64710324	30
A3Q2	-0.0047	0.7843	0.64710324	29

#### 4.1.2. Grados Brix

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de los grados brix del aguaymanto

**Figura 4** Comportamiento de los grados brix durante los 22 días de almacenamiento

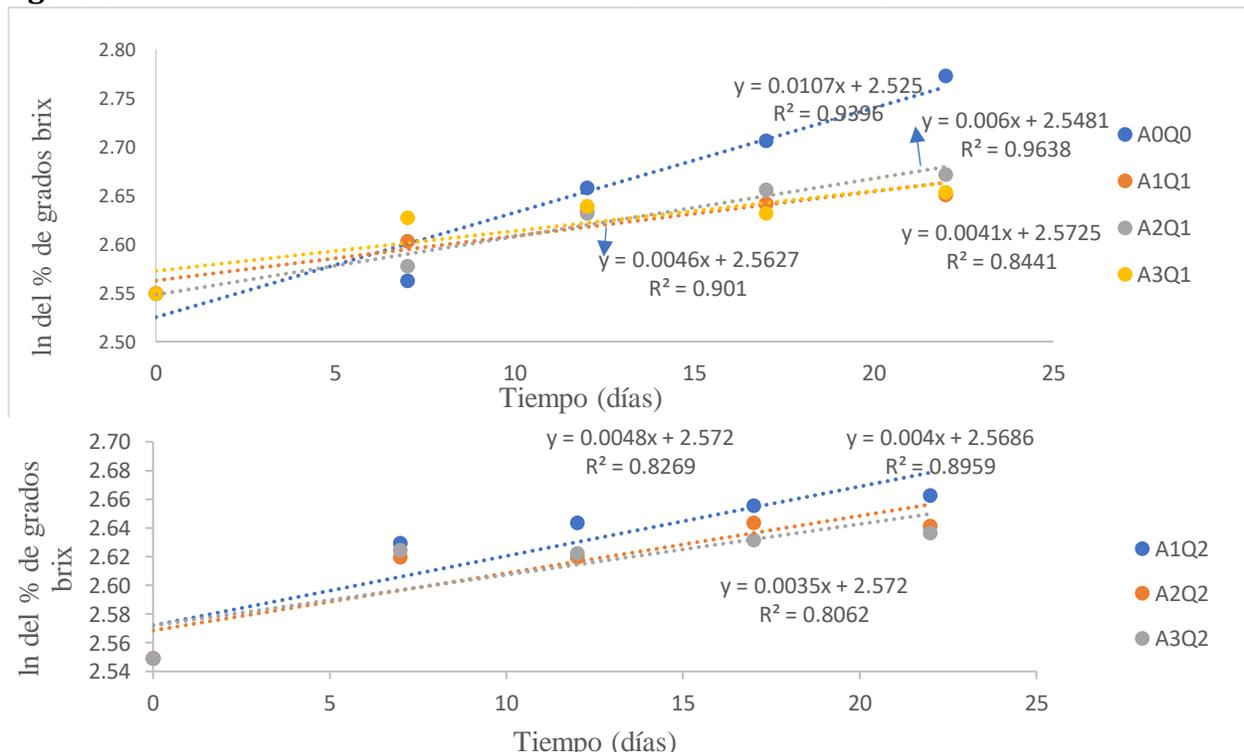


En la figura4 se presenta el comportamiento de los grados brix del aguaymanto durante los 22 días de almacenamiento a temperatura ambiente al cual fueron sometidos los tratamientos, en donde se observa que el tratamiento (A0Q0) al que no se le aplicó el recubrimiento comestible, presenta un mayor contenido de sólidos solubles llegando al día 22 con 16 grados brix esto contribuiría a entender a (Sani León, 2020) asevera que a medida que una fruta sigue su proceso de maduración existe un ascenso de los sólidos solubles proceso que se debe a la hidrólisis del almidón y de los polisacáridos de la pared celular que dan origen a los sólidos solubles, mientras que los tratamientos a los que se les aplicó dicho recubrimiento presentaron una menor variación en su contenido de sólidos solubles siendo el tratamiento (A2Q2) el mismo que contiene una concentración del 1 % de aceite esencial de orégano con 1.6 % de quitosano y el tratamiento (A3Q2) el que tiene una concentración de 1.4% de aceite esencial de orégano con 1.6 % de quitosano dichos tratamientos fueron los que presentaron una menor variación en su contenido de sólidos solubles llegando al día 22 con 14 grados brix, con la aplicación de las concentraciones de 1.6% de quitosano y 1 % de aceite esencial de orégano los procesos metabólicos son más lentos y se estaría retrasando el proceso de maduración de los frutos de aguaymanto al inhibir la acción del etileno, los resultados de los tratamientos mencionados al ser comparado con la norma (INCOTEC 4580, P.6) presenta un grado de Madurez 6 indicando que es apta para consumo

humano. Además Águila (2019) en su estudio “Efecto del recubrimiento comestible a base de aceite esencial de romero y quitosano en la vida útil del aguaymanto”, Evaluó que sus características fisicoquímicas y su respectivo ciclo de incremento de brix, pH y disminución ligera de la acidez en todo los tratamientos ya sean muestras aplicadas con recubrimiento comestible y las muestras testigo, lo que significa que el recubrimiento comestible no altera de ninguna manera el ciclo natural de las características fisicoquímicas del aguaymanto antes y después de almacenamiento de 15 días donde las características fisicoquímicas del aguaymanto antes del almacenamiento el brix oscila entre 13.9 a 14.5, pH entre 3.04 a 3.07 y las características fisicoquímicas después del almacenamiento donde ° Brix oscila de entre 14.6 a 14.7, pH entre 3.10 a 3.12 estos resultados son similares en esta investigación durante los 12 días de almacenamiento en donde los grados brix oscilan entre 13.8 y 14.3 sin embargo a partir del día 17 hay una variación significativa entre sus valores con respecto a la comparación de los tratamientos con recubrimiento y los tratamientos control. Confirmando lo que menciona Águila (2019) que durante el almacenamiento el brix incrementa y la acidez disminuye ligeramente.

En la figura 5 se muestra la pendiente de las rectas restas de todos los tratamientos y los valores del porcentaje de humedad a los cuales se les sacó el logaritmo natural.

**Figura 5** *Pendiente de las rectas de la variable Brix durante los días de almacenamiento*



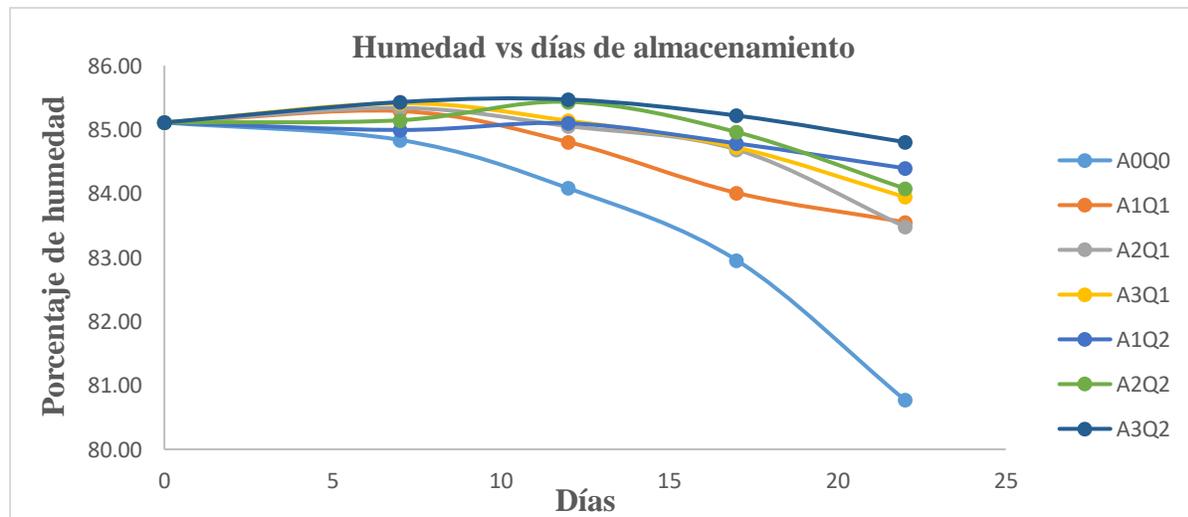
**Tabla 8. Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a sus grados brix**

Tratamiento	Pendiente	Intercepto	Límite crítico	Vida útil
A0Q0	0.0107	2.525	2.67414865	14
A1Q1	0.0046	2.5627	2.67414865	24
A2Q1	0.006	2.5481	2.67414865	21
A3Q1	0.0041	2.5725	2.67414865	25
A1Q2	0.0048	2.572	2.67414865	21
A2Q2	0.004	2.5686	2.67414865	26
A3Q2	0.0035	2.572	2.67414865	29

#### 4.1.3. Humedad

En la figura 4 se muestra cómo se comporta la humedad del aguaymanto analizado cada 5 días hasta el día 22

**Figura 6 Comportamiento de la humedad durante los 22 días de almacenamiento**



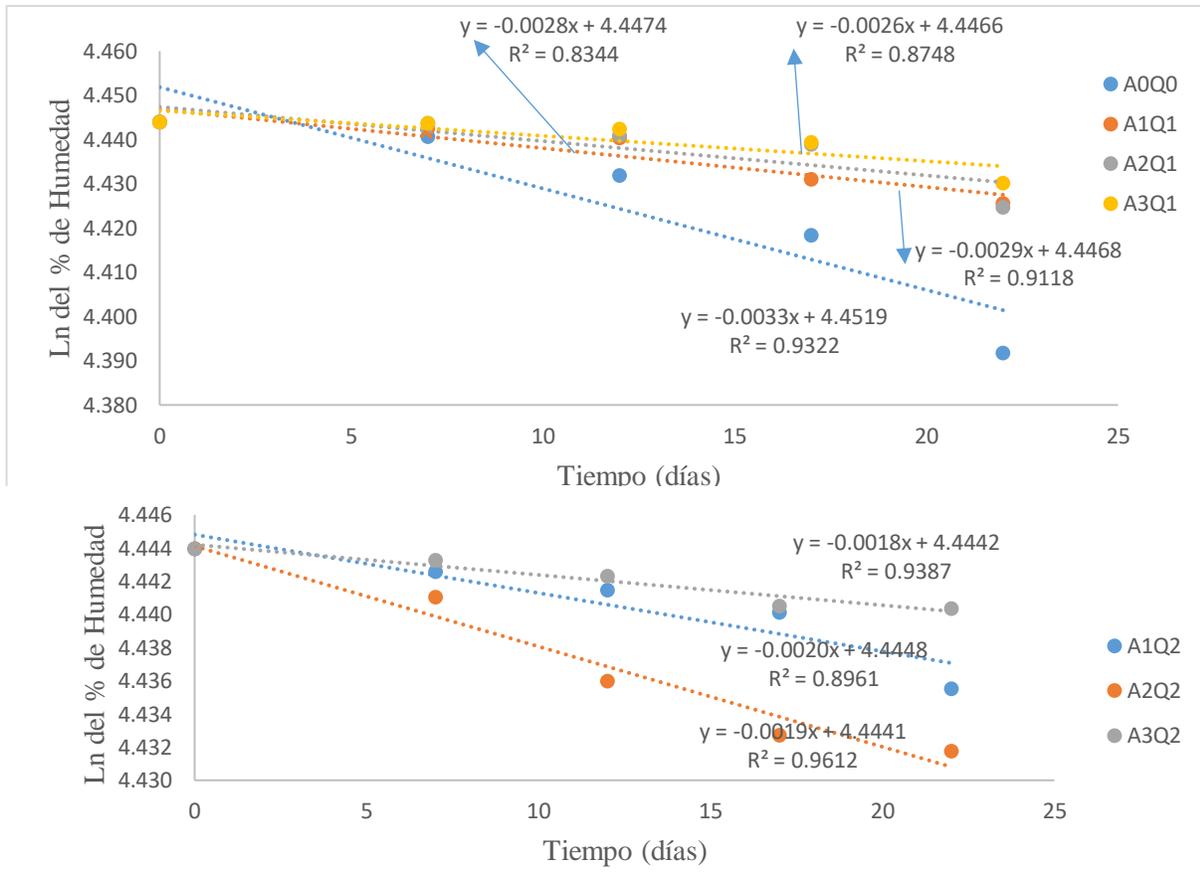
En la Figura 6 se muestra el comportamiento de la humedad del aguaymanto donde se observa que hay una pérdida de humedad en todos los tratamientos durante los días de almacenamiento concluyendo que en las frutas la pérdida de humedad es el resultado de la pérdida de agua por la respiración, transpiración y degradación de la fruta durante el periodo de almacenamiento, sin embargo a los tratamientos que se les aplicó el recubrimiento comestible presentan una menor pérdida de humedad siendo el tratamiento (A3Q2) el que menos humedad perdió durante los 22 días de almacenamiento llegando a tener un porcentaje de humedad 84.81 %, el mismo que tiene una concentración de 1.4 % de aceite esencial de orégano y 1.6 % de quitosano

otro de los tratamientos que presento poca variación en su contenido de humedad fue el (A1Q2) dicho tratamiento en el día 22 presentó un 84.4 % de humedad. Por el contrario, el tratamiento patrón (A0Q0) presento una variación mayor comparado con los tratamientos que contenían el recubrimiento comestible llegando así al día 22 con un porcentaje de humedad del 80.77 %. Esto se debe a que el quitosano estaría disminuyendo la tasa respiratoria y las pérdidas de agua por transpiración, debido posiblemente a una menor degradación de la epidermis y la cutícula, y de esta manera se estaría alargando la vida postcosecha de los frutos, ya que el quitosano es un componente de la pared celular de los crustáceos, capaz de formar películas semipermeables (M. Abanto, 2018) basándonos en los resultados obtenidos en esta investigación los tratamientos con una concentración de quitosano del 1.6 % presentan mejores resultados para conservar su característica fisicoquímica de humedad del aguaymanto. Para determinar la humedad del aguaymanto Ancco, (2022) realizó un estudio de caracterización de películas de quitosano y la afectación de las propiedades por aplicación de aceites esenciales en el aguaymanto, en donde obtuvo que a los 30 días la pérdida de humedad fue 6 % con la formulación de 1 % de quitosano, mientras que con 2 % de quitosano obtuvo 1 % de pérdida del contenido de humedad, en general, el contenido de humedad aumenta a medida que se iba incorporando el porcentaje de quitosano. Este comportamiento es similar a lo que ocurrió en el presente estudio donde los tratamientos (A1Q2, A2Q2 y A3Q2) que contiene una concentración 1.6 %, de quitosano, presentó menor porcentaje de pérdida en el contenido de humedad, mientras que los tratamientos (A1Q1, A2Q1 y A3Q1) que contiene una concentración 0.8 % de quitosano, presentaron una mayor pérdida en el porcentaje de humedad. Afirmando lo que mencionó Ancco, (2022) que a medida que se va incrementando el quitosano, disminuye el porcentaje de pérdida de humedad, esto se atribuye a lo compacta que se va volviendo la estructura del recubrimiento comestible con mayor concentración de quitosano, debido a mayor concentración de quitosano los grupos funcionales de quitosano, disminuye la disponibilidad de grupos hidroxilo. Por otro lado Zambrano et al. (2017), el recubrimiento con quitosano retardó la pérdida de humedad de los frutos de aguaymanto después de 28 días de almacenamiento la pérdida de humedad del control fue de 7.95 % comparado con 5.1 y 3.85 % de las de los tratamientos m1 1.5 % y m2 2 % de quitosano respectivamente. Los resultados obtenidos y que se muestran en la Figura3 de este estudio son similares ya que después de los 22 días de almacenamiento a los que fueron sometidos y analizados los frutos de aguaymanto, la pérdida de humedad del control fue 4.34 %, mientras que los tratamientos (A1Q2,

A2Q2, A3Q2) los cuales tienen una concentración del 1.6 % de quitosano presentaron una pérdida de humedad 0.3 %, 0.7 % y 1 % respectivamente

En la figura 7 se muestra la pendiente de las rectas restas de todos los tratamientos y los valores de grados brix a los cuales se les sacó el logaritmo natural.

**Figura 7** *Pendiente de las rectas de la variable Humedad*



**Tabla 9.** Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a su % de humedad

Tratamiento	Pendiente	Intercepto	Límite crítico	Vida útil
A0Q0	-0.0033	4.4519	4.382026635	21
A1Q1	-0.0029	4.4468	4.382026635	22
A2Q1	-0.0028	4.4474	4.382026635	23
A3Q1	-0.0026	4.4466	4.382026635	25
A1Q2	-0.002	4.4448	4.382026635	31
A2Q2	-0.0019	4.4441	4.382026635	33
A3Q2	-0.0018	4.4442	4.382026635	35

#### 4.1.4. Color

En la siguiente tabla se muestra la variación total del color en sus tres coordenadas.

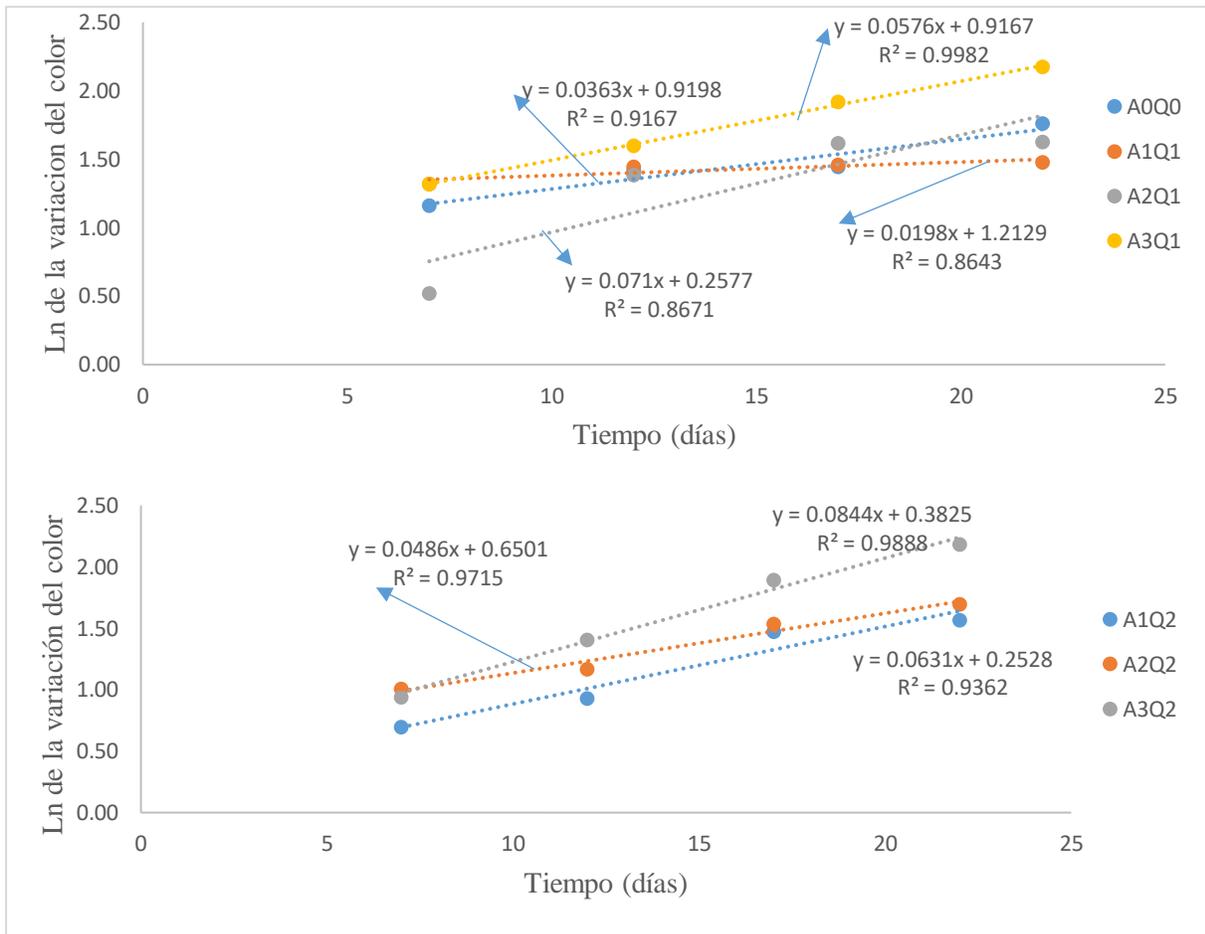
**Tabla 10.** *Variación del color total del aguaymanto durante 22 días de almacenamiento*

Tratamiento	$\Delta E$			
	Día 7	Día 12	Día 17	Día 22
A0Q0	3.20	4.14	4.23	5.81
A1Q1	3.74	4.25	4.30	4.38
A2Q1	1.68	3.99	5.03	5.08
A3Q1	3.74	4.95	6.81	8.78
A1Q2	2.01	2.54	4.37	4.79
A2Q2	2.75	3.23	4.16	4.46
A3Q2	2.56	4.09	6.64	8.89

En la tabla 10 se muestra las diferencias de color total durante los 22 días de almacenamiento, (Ah-Hen, 2014) deduce que dos muestras que presenten los mismos valores triestímulos aparecerán con un mismo color para determinadas condiciones de iluminación y observación. Por el contrario, si cualquier valor triestímulo es diferente y su diferencia de color total es menor que  $\pm 5$  esto es difícilmente perceptible por el observador mientras que valores mayores a  $\pm 5$  el observador ya puede evaluar diferencias de color. En los frutos de aguaymanto el cambio de color del fruto se debe a la degradación de clorofila y a la acumulación de carotenoides en plástidos (Balaguera-López et al., 2016). Por esta investigación podemos afirmar que el tratamiento patrón (A0Q0), el tratamiento (A3Q1) con concentraciones de 1.4 % de aceite esencial y 0.8 % de quitosano y el tratamiento (A3Q2) con una concentración de 1.4 % y 1.6 % de quitosano presentan en el día 17 valores superiores a  $\pm 5$  esto quiere decir que el observador puede distinguir las diferencias de color, mientras que el tratamiento (A1Q1) con concentraciones de aceite esencial de orégano del 0.6 % y 0.8 % de quitosano y el tratamiento (A2Q2) con una concertación de 1% de aceite esencial y 1.6 % de quitosano presentan al día 22 valores menores a  $\pm 5$  esto quiere decir que la diferencia de color no son perceptibles y también que estos dos tratamientos conservan mejor el color del fruto a los 22 días de almacenamiento.

En la figura 8 se muestra la pendiente de las rectas restas de todos los tratamientos y los valores de variación del color a los cuales se les sacó el logaritmo natural

**Figura 8** *Pendiente de las rectas de la variable color durante los días de almacenamiento*

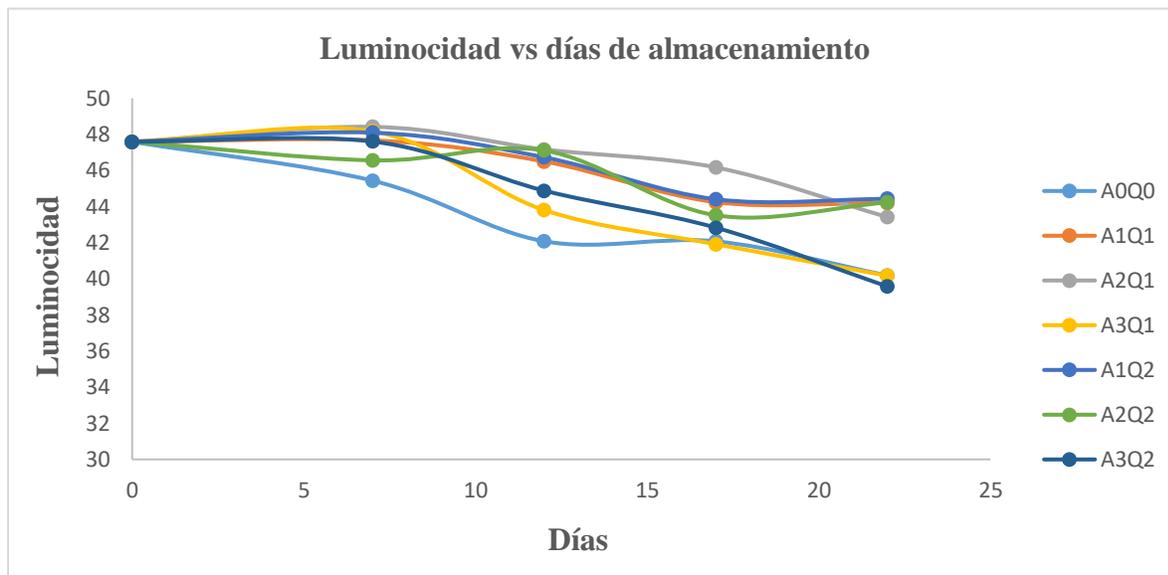


**Tabla 11.** Cálculo de la vida útil de todos los tratamientos con respecto a su variación de color durante los días de almacenamiento.

Tratamiento	Pendiente	Intercepto	Límite crítico	Vida útil
A0Q0	0.0363	0.9198	1.60943791	19
A1Q1	0.0198	1.2129	1.60943791	20
A2Q1	0.071	0.2577	1.60943791	19
A3Q1	0.0576	0.9167	1.60943791	12
A1Q2	0.0631	0.2528	1.60943791	21
A2Q2	0.0486	0.6501	1.60943791	20
A3Q2	0.0844	0.3825	1.60943791	15

En la figura 9 se muestra el comportamiento de la coordenada L\* (luminosidad) en los días de almacenamiento

**Figura 9** Comportamiento del color (coordenada L\*) durante los 22 días de almacenamiento

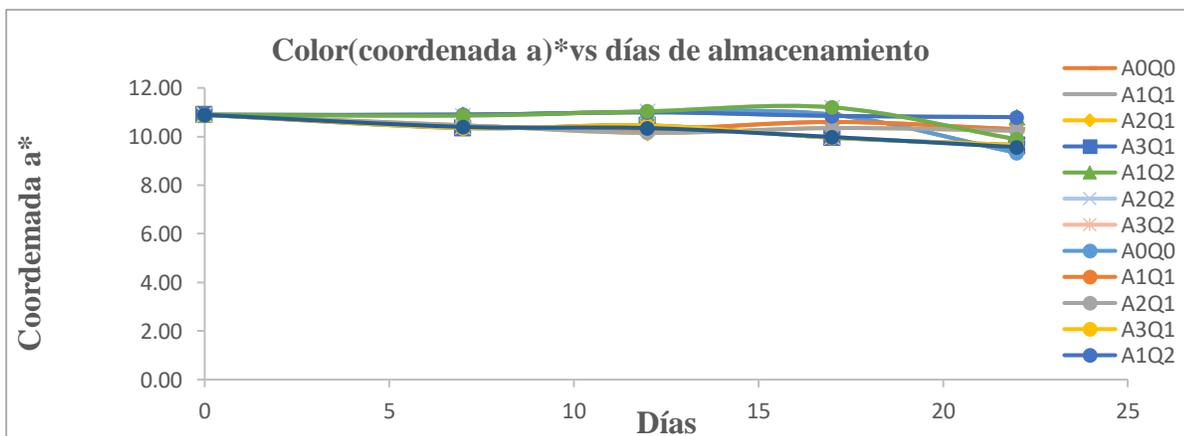


En la figura 9 se presenta el comportamiento del color (coordenada L\*) durante los 22 días de almacenamiento en donde podemos observar que los tratamientos pierden luminosidad con el transcurrir de los días, el tratamiento (A3Q2) el cual contiene una concentración de 1.4 % de aceite esencial y 1.6 % de quitosano presentó una menor luminosidad llegando al día 22 con un valor de 39.57 ; seguido por el tratamiento (A3Q1) este tuvo una concentración de aceite esencial de orégano de 1.4 % y 0.8 % de quitosano este tratamiento en el día 22 llegó a presentar un valor de 40.17 con respecto a la luminosidad, este proceso de cambio de color ocurre por la concentración y tipo de los pigmentos naturales del fruto que van cambiando a medida que el fruto madura y también puede ser afectado por los cambios oxidativos que sufren los aceites esenciales por la temperatura, la luz y específicamente la presencia de oxígeno durante el almacenamiento (Nolazco et al., 2015). Mientras que el tratamiento que presentó una menor variación en cuanto a su luminosidad con un valor de 44.43 fue el (A1Q2) este tratamiento contiene una concentración de 1% de aceite esencial y 1.6 % de quitosano seguido por los tratamientos (A1Q1) y (A2Q2) los mismo que presentaron una concentración de 0.6 %; 1 % de aceite esencial y 0.8 %; 1.6 % de quitosano respectivamente por este análisis podemos deducir que a mayor concentración de aceite esencial menor es su luminosidad, por la interpretación de los resultados en esta investigación se determinó que la mejor concentración de aceite esencial es la del 1%. Gamarra, (2017) observó que las bayas de aguaymanto con cobertura comestible de gelatina-almidón con aceite esencial de

orégano al 0.1 y 0.2 % presentaron mayores valores de L\* a los 30 días de almacenamiento, con 55.35 y 55.87, respectivamente, el tratamiento control presentó menor valor en el tiempo de almacenamiento (días) de L\* con 54.97. Los resultados de L\* fueron disminuyendo durante el almacenamiento, para la coordenada a\* en las tonalidades (verde-roja) los valores obtenidos a los 30 días de almacenamiento, con 9.60 y 9.80, respectivamente, el tratamiento control presentó menor valor con 9.35. Los resultados de a\* durante el almacenamiento y para la coordenada b\* (tonalidades azul-amarillas) en función al tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se observó un aumento de los valores de b\* en las bayas de aguaymanto a medida que transcurrieron los días de almacenamiento. En esta investigación se obtuvieron resultados similares que a los 22 días de almacenamiento los tratamientos (A2Q1; A2Q2) el cual tiene una concentración de 1 % y 0.6 % de aceite esencial de orégano respectivamente y 0.8 %; 1.6 % de quitosano obtuvieron los mayores valores en cuanto a luminosidad L\* de 46.55 y 46.24 esto quiere decir que estos tratamientos están manteniendo la luminosidad de la fruta fresca que fue analizada en el día 0 que presento un valor de 47.59. Los tratamientos (A3Q1; A3Q2) presentan los valores más menores de 44.39 y 44.33 lo que quiere decir que estos presentan una menor luminosidad estos tratamientos tiene una concentración de 1.4 % de aceite esencial de orógeno y 1.6 %; 0.8 % de quitosano respectivamente. por lo que podemos afirmar que los tratamientos A2Q1 y A2Q2 son los que conservan mejor la luminosidad del color del aguaymanto.

En la figura 10 se muestra como se comporta la coordenada a\* con respecto al color en sus tonalidades verde-rojo.

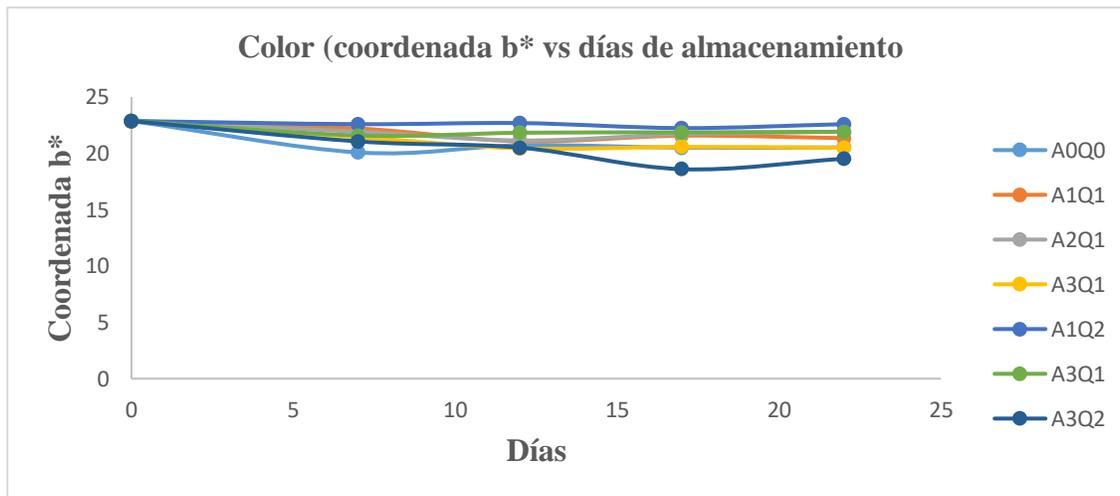
**Figura 10** *Comportamiento del color (coordenada a\*) durante los 22 días de almacenamiento*



En la Figura 10 nos muestra el comportamiento del color con respecto a su coordenada a\* en donde podemos observar que los valores obtenidos a los 22 días de almacenamiento, de los tratamientos A2Q1 y A2Q2 con 11.32 y 11.22 mientras que los tratamientos A3Q1 y A3Q2 presentaron 10.03 y 9.64, no hay ningún efecto del recubrimiento comestible ya que las curvas tienden a subir y bajar mínimamente este proceso ocurre porque no existe degradación de los pigmentos liposolubles primarios que imparten color verde como la clorofila y los carotenoides ( $\beta$ -criptoxantina,  $\beta$ -caroteno y  $\alpha$ -caroteno) que dan el color (amarillo, naranja y rojo) (Rosas, 2011)

En la figura 11 se muestra cómo se comporta la coordenada b\* con respecto al color en sus tonalidades azul-amarillo.

**Figura 11** *Comportamiento del color (coordenada b\*) durante los 22 días de almacenamiento*



En la Figura 11 nos muestra cómo va cambiando el color con respecto a su coordenada b\* tonalidad (azul – amarilla) en donde podemos observar que no hay ningún efecto del recubrimiento comestible ya que las curvas tienden a subir y bajar mínimamente. Los valores que se obtuvieron a los 22 días en los tratamientos (A2Q1; A2Q2) fueron de 22.62 22.42 mientras que los valores de los tratamientos (A3Q1; A3Q2) fueron de 20.57 y 20.52 respectivamente este proceso ocurre porque no hay un cambio significativo en los en los pigmentos hidrosolubles como las antocianinas (azul y rojo) y flavonoides (amarillo) (Rosas, 2011).

## 4.2. Análisis Estadístico

En la siguiente tabla 8 se muestra los resultados del análisis de varianza para la acidez del aguaymanto

**Tabla 12.** *Análisis de varianza para la variable acidez*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	6	0.8366	0.139428	22.87	0.000
Concentración de Ac. Esencial y quitosano	4	0.8530	0.213246	34.97	0.000
Tratamiento*Ac. Esencial y quitosano	24	0.5095	0.021231	3.48	0.900
Error	70	0.4268	0.006097		
Total	104	2.6259			

La tabla 12 muestra el análisis de variancia de la acidez donde se utilizó un nivel de significancia del 5 % (0.05), esto quiere decir que si  $P > 0.05$  las medias del factor analizado son iguales y por lo tanto no hay diferencias significativas, por el contrario, si el valor  $P < 0.05$  nos indica que por lo menos una media es diferente. Por lo tanto, mediante el análisis de varianza para la variable acidez podemos concluir, que para los tratamientos y la concentración de aceite esencial y quitosano existe una alta significancia por el hecho que el valor  $P < 0.05$ . Asimismo, la interacción de los factores Tratamiento\*concentración de aceite esencial y quitosano no influye, ya que el valor de  $P > 0.05$ , lo cual significa que estos factores en conjunto no producen efectos en las muestras. Debido a que los factores analizados (tratamientos y la concentración de aceite esencial y quitosano) presentan un valor  $P < 0.05$  se procede a realizar la prueba de tukey para cada factor y así determinar cuál de las medias son diferentes.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la prueba estadística de tukey para la variable acidez del aguaymanto con respecto a los tratamientos formulados.

**Tabla 13. Comparaciones de los tratamientos por pares utilizando el método de Tukey para la acidez (confianza 95%)**

Tratamiento	N	Media	Agrupación
4	15	1.99733	A
6	15	1.99600	A
2	15	1.99333	A
3	15	1.99200	A
5	15	1.99000	A
1	15	1.97667	A
0	15	1.70533	B

En la tabla 13 se muestra las comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de dicho factor para determinar el mejor tratamiento que sea capaz de mantener la acidez de la fruta fresca durante los días de almacenamiento a la cual fue sometido el fruto aguaymanto, las medias fueron agrupadas por el método de Tukey en dos grupos A y B, en donde el grupo B está conformado por el tratamiento 0 y el grupo A está conformado por los tratamientos (1, 2, 3, 4, 5 y 6) estos tratamientos como se observa comparten el mismo grupo esto quiere decir que no tienen una diferencia significativa entre sus medias siendo el tratamiento 4 con la menor media de 1.9973, mientras que el tratamiento 0 es estadísticamente diferente a los otros tratamientos con una media de 1.70533. En conclusión, para conservar su característica fisicoquímica de acidez del aguaymanto con respecto a los tratamientos podemos utilizar cualquiera de los tratamientos pertenecientes al grupo B ya que no presentan diferencias significativas entre sus medias validando estadísticamente el análisis de la “figura 1”

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la prueba estadística de tukey para la variable acidez del aguaymanto con respecto a los días de almacenamiento.

**Tabla 14. Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por pares, utilizando el método de Tukey para la acidez (confianza de 95%)**

Concentración de Aceite esencial y quitosano	N	Media	Agrupación	
1.6 %	21	2.16429	A	
1.4%	21	2.09810	A	
1%	21	1.99048	B	
0.8%	21	1.96190	B	C
0.6%	21	1.92143	C	

En la tabla 14 nos muestra los resultados estadísticos de la prueba de Tukey, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como podemos observar las medias correspondientes a la concentración de aceite esencial y quitosano en tres grupos A, B y C. El grupo A esta comprendido por las concentraciones (0.6% y 0.8%), el grupo B está comprendido por las concentraciones (0.8 y1%) y al grupo C pertenecen las concentraciones (1.4%y 1.6%). Mediante la prueba de tukey realizada para los días de almacenamiento podemos afirmar que la muestra analizada presento mayor con las concentraciones de 1.6% y 1.4% siendo la concentración 1.6% con mayor acidez con un valor de 2.16429 y una menor acidez las concentraciones 0.6% y 0.8% siendo la concentración de con la media de menor acidez obteniendo un valor de 1.92143 este comportamiento de la acidez ocurre durante la maduración, donde tiende a disminuir lentamente, ya que los ácidos orgánicos son oxidados en el proceso de respiración y son convertidos en azúcares (Martínez-González et al., 2017)

**Tabla 15. Análisis de varianza para la variable grados brix**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Tratamiento	6	3.298	0.5497	2.07	0.068
Días Concentración de Ac. Esencial y quitosano	4	41.071	10.2677	38.59	0.000
Tratamiento* Ac. Esencial y quitosano	24	11.042	0.4601	1.73	0.040
Error	70	18.627	0.2661		
Total	104	74.038			

La tabla 15 muestra el análisis de variancia para los grados brix donde se utilizó un nivel de significancia del 5 % (0.05), esto quiere decir que si  $P > 0.05$  las medias del factor analizado son iguales y por lo tanto no hay diferencias significativas, por el contrario, si el valor  $P < 0.05$  nos indica que por lo menos una media es diferente. En el análisis de varianza realizado a la variable grados brix obtenemos que el valor P para el factor tratamientos es mayor que 0.05 lo que nos indica que no existe variación considerable entre sus medias y por ende no produce un efecto significativo en el los grados brix, mientras que en el factor concentración de aceite esencial y quitosano existe una alta significación estadística debido a que el valor  $P < 0.005$ , esto quiere decir que este factor si influye en esta variable analizada. Por otro lado, la interacción de los factores concentración de aceite esencial y quitosano\*tratamiento también presenta un valor  $P < 0.05$  lo que indican que la interacción entre estos factores también produce variaciones en los grados brix de esta manera se corrobora el análisis echo en la “figura 2” y de esta manera se procede a realizar la prueba tukey.

En la tabla 12 muestra los resultados de la prueba estadística tukey para la variable grados brix con respecto a los tratamientos muestreados.

**Tabla 16.** *Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para los grados brix (confianza de 95%)*

<b>Concentración de Aceite esencial y quitosano</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
0.6 %	21	14.4524	A	
0.8%	21	14.1905	A	B
1%	21	13.9905	B C	
1.4%	21	13.5524	C	
1.6%	21	12.6667	D	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. La tabla 16 muestra los resultados estadísticos de la prueba de tukey para el factor días de almacenamiento con el fin de determinar en qué día los grados brix del aguaymanto fresco presentan una mayor variación. La prueba de tukey clasificó a las medias en 4 grupos A, B, C y D; mediante esta

comparación de medias llegamos a la conclusión de que durante los 22 días de almacenamiento hay variación significativa con respecto en la concentración 0.6% esto ocurre porque es un fruto climatérico y una vez que es cosechado sigue respirando y sigue su proceso de maduración con la acción del etileno que es una hormona que activa la hidrólisis de los almidones con la ayuda de las enzimas amilasas propias del fruto comienza a liberar moléculas de glucosa que hacen que el fruto aumente en la cantidad de sólidos solubles (Quintero et al., 2013) , obteniéndose el día 22 un valor de 14.4524 el mismo que pertenece al grupo A mientras que la concentración 1.6% obtuvo un valor de 12,6667 este pertenece al grupo D.

**Tabla 17. Comparaciones de la interacción, Tratamiento\* Concentración de Aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para los grados brix (confianza de 95%)**

Tratamiento* Concentración de Aceite esencial y quitosano	N	Media	Agrupación			
1 0.6	3	16.0000	A			
1 0.6	3	14.9667	A	B		
2 0.8	3	14.4667	A	B	C	
4 0.8	3	14.3333	A	B	C	D
1 0.6	3	14.2667		B	C	D
4 1.4	3	14.2333		B	C	D
2 1.4	3	14.2333		B	C	D
3 1.6	3	14.2000		B	C	D
1 1.6	3	14.1667		B	C	D
2 1	3	14.1667		B	C	D
4 1	3	14.0667		B	C	D
5 1.4	3	14.0667		B	C	D
1 1.4	3	14.0333		B	C	D
5 1.6	3	14.0333		B	C	D
3 1	3	14.0000		B	C	D
6 1.4	3	13.9667		B	C	D
1 1	3	13.9333		B	C	D
3 1.4	3	13.9000		B	C	D

6 17	3	13.9000	B	C	D
4 0.8	3	13.8667	B	C	D
3 0.8	3	13.8333	B	C	D
6 0.8	3	13.8000	B	C	D
6 12	3	13.7667	B	C	D
5 7	3	13.7333	B	C	D
5 12	3	13.7333	B	C	D
1 0.8	3	13.5000	B	C	D
2 0.8	3	13.1667		C	D
0 0.8	3	12.9667		C	D
4 0.6	3	12.6667			D
6 1.6	3	12.6667			D
0 0.6	3	12.6667			D
1 0.6	3	12.6667			D
2 0.6	3	12.6667			D
5 1.6	3	12.6667			D
3 0.6	3	12.6667			D

En la tabla 17 la prueba de tukey nos muestra los resultados estadísticos para la interacción de los factores días de almacenamiento y tratamientos para poder determinar que tratamiento y concentración presentan la menor variación con respecto al día 0, esta prueba también nos indica que las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Analizando los resultados podemos observar que la prueba de tukey a las medias de la interacción de estos factores los clasificó en 4 grupos A, B, C y D. Las medias que presentan un menor valor son las interacciones que pertenecen al grupo D obteniendo un resultado de 12.6667 la interacción (5;1.6) tratamiento concentración de aceite esencial y quitosano la media que presenta el mayor valor es la interacción (1;0.6) tratamiento concentración de aceite esencial con 16.000 la misma que pertenece al grupo A, por lo que podemos concluir que si existe una variación significativa en los grados brix del aguaymanto fresco durante los 22 días de almacenamiento. Por otro lado, el tratamiento que presenta menor media para el día 22 de almacenamiento es el tratamiento 6 que presenta una media de 13.9667 seguido por el tratamiento 5 el cual presenta una media de 14.033.

validando estadísticamente el análisis echo en la “Figura 2” y llegando a la misma conclusión que hizo (Sani León, 2020) que la fruta va madurando, ganando azúcares y perdiendo ácidos orgánicos.

**Tabla 18. Análisis de Varianza para la Variable Humedad**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	6	25.73	4.2884	19.15	0.000
Concentración de Ac. Esencial y quitosano	4	38.47	9.6164	42.94	0.000
Tratamiento* Ac. Esencial y quitosano	24	21.04	0.8767	3.91	0.000
Error	70	15.68	0.2240		
Total	104	100.91			

La tabla 18 muestra los resultados estadísticos para la variable Humedad, en este análisis de variancia se utilizó un nivel de significancia del 5 % (0.05), esto quiere decir que si  $P > 0.05$  las medias del factor analizado son iguales y por lo tanto no hay diferencias significativas, por el contrario, si el valor  $P < 0.05$  nos indica que por lo menos una media es diferente. La prueba estadística (análisis de variancia) realizada a la variable humedad muestra los siguientes resultados para los factores analizados tanto para tratamientos y la concentración de aceite esencial y quitosano existe una alta significación estadística ya que el valor  $P < 0.05$  esto significa que estos factores influyen considerablemente en la humedad de la muestra analizada, también la interacción de los factores tratamientos\*concentración de aceite esencial y quitosano presentan un alto nivel de significancia debido a que el valor  $P < 0.05$  lo que significa que la interacción de estos factores influyen en la humedad de la muestra y están relacionados entre sí. Por los resultados de los factores  $P < 0.05$  que arrojó el análisis de variancia se proceda a realizar la prueba de Tukey.

**Tabla 19. Comparaciones de los tratamientos por pares utilizando el método de Tukey para la humedad (confianza de 95%)**

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
6	15	85.2073	A	
5	15	84.9473	A	B
4	15	84.8773	A	B
3	15	84.8647	A	B
2	15	84.7353	A	B
1	15	84.5540		B
0	15	83.5513		C

La tabla 19 nos muestra los resultados estadísticos de la prueba de Tukey para el factor tratamientos con la finalidad de encontrar cuál de los tratamientos es más eficaz en conservar su característica fisicoquímica (humedad) del aguaymanto fresco. Asimismo, esta prueba indica que las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, esta prueba los clasificó a las medias en 3 grupos A, B y C obteniendo como resultado que el tratamiento 0 presentó un valor de 83.5513 y esta pertenece al grupo C mientras que la media con el valor más alto es la del tratamiento 6 con un valor de 85.2073 y pertenece al grupo A esto quiere decir que los tratamientos con una mayor concentración de quitosano tienen una menor pérdida de agua por transpiración debido posiblemente a una menor degradación de la epidermis y la cutícula (M. Abanto, 2018).

**Tabla 20. Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para la humedad (confianza de 95%)**

Concentración de Aceite esencial y quitosano	N	Media	Agrupación	
1.6 %	21	85.2076	A	
1.4%	21	85.1100	A	
1%	21	85.0119	A	
0.8%	21	84.4776		B
0.6%	21	83.5767		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. En la tabla 20 se muestra los resultados de la prueba estadística mediante el método de Tukey Para determinar si existe una varianza en la humedad del aguaymanto fresco en sus medias durante los días de almacenamiento para esto este método la prueba Tukey lo clasifico a las medias en 3 grupos A, B, C en donde se puede observar que en grupo A están las concentraciones (1.6, 1.4 y 1 %) donde podemos decir estadísticamente que para estas concentraciones de aceite esencial y quitosano no hay una variación significativa en su humedad, mientras las concentraciones de 0.6 y 0.8% pertenecen a los grupos B y C respectivamente esto nos quiere decir que a partir que a menores concentraciones de aceite esencial y quitosano comienza a perder más humedad la cual es significativa. Similares resultados obtuvieron (Zambrano et al., 2017) en donde el fruto de aguaymanto no tuvo una perdida significativa de humedad hasta el día 15.

**Tabla 21.** *Comparaciones de la interacción, tratamiento\* Concentración de Aceite esencial y quitosano por pares utilizando el método de Tukey para la humedad (confianza de 95%)*

Tratamiento* Concentración de Aceite esencial y quitosano	N	Media	Agrupación
6 1.6	3	85.4733	A
5 1.6	3	85.4333	A
6 1.6	3	85.4300	A
3 0.8	3	85.4100	A
2 0.8	3	85.3400	A
1 0.8	3	85.2900	A
6 1.4	3	85.2200	A
5 0.8	3	85.1500	A
3 1	3	85.1400	A
0 0.6	3	85.1100	A
1 0.6	3	85.1100	A
2 0.6	3	85.1100	A
3 0.6	3	85.1100	A
4 0.6	3	85.1100	A

5 0.6	3	85.1100	A				
6 0.6	3	85.1100	A				
4 1	3	85.0967	A	B			
2 1	3	85.0533	A	B			
4 0.8	3	84.9967	A	B	C		
5 1.4	3	84.9633	A	B	C		
4 0.8	3	84.8367	A	B	C		
6 1.6	3	84.8033	A	B	C		
1 1	3	84.8033	A	B	C		
4 1.4	3	84.7833	A	B	C		
3 1.4	3	84.7200	A	B	C		
2 1.4	3	84.6867	A	B	C		
4 1.6	3	84.4000	A	B	C	D	
0 0.6	3	84.0833	A	B	C	D	
5 1.6	3	84.0800	A	B	C	D	
1 1.4	3	84.0133	A	B	C	D	
3 1	3	83.9433	A	B	C	D	
1 0.8	3	83.5533		B	C	D	
2 1	3	83.4867			C	D	
0 0.6	3	82.9567				D	
0 0.6	3	80.7700					E

En la tabla 21 se muestra los resultados de la prueba de Tukey para la interacción de los factores (concentración de aceite esencial y quitosano con los tratamientos) para determinar estadísticamente diferencias significativas entre estos con respecto a la humedad del aguaymanto fresco esta prueba realizada también nos afirma que las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como podemos observar para esta variable el método de Tukey los clasifica a las medias en 5 grupos A, B, C D y E ordenadas de mayor a menor. De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 21 el menor porcentaje de humedad son las concentraciones de aceite esencial con quitosano y tratamientos (0.6;0 y 1;0.8) respectivamente los mismos que

pertenecen a los grupos E y D, en el grupo A están las interacciones (6;1.6) y (5;1.6) esto nos quiere decir que no hay diferencias significativas entre estas muestras. En conclusión, podemos afirmar que el mejor que la mejor concentración para conservar la humedad del aguaymanto durante los 22 días de almacenamiento es el tratamiento 6 con una concentración del 1.6% que tiene una media con un valor de 84.8033 esta prueba estadística corrobora el análisis de la figura 3 con respecto a la humedad y a los resultados obtenidos por (Ancco, 2022).

**Tabla 22. Análisis de varianza para la variable color coordinada(L\*)**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	6	122.77	20.461	5.60	0.000
Concentración de Ac. Esencial y quitosano	4	453.26	113.314	31.02	0.000
Tratamiento* Ac. Esencial y quitosano	24	94.84	3.952	1.08	0.386
Error	70	255.72	3.653		
Total	104	926.58			

La tabla 22 muestra los resultados estadísticos para la variable Color Coordinada L\* en este análisis de variancia se utilizó un nivel de significancia del 5% (0.05), esto quiere decir que si  $P > 0.05$  las medias del factor analizado son iguales y por lo tanto no hay diferencias significativas, por el contrario, si el valor  $P < 0.05$  nos indica que por lo menos una media es diferente. Mediante el análisis de varianza para la variable Color Coordinada L\* se obtuvo que los factores concentración de aceite esencial con quitosano y tratamientos presentan un valor de  $P < 0.05$ , por lo que llegamos a concluir que estos dos factores presentan un alto nivel de significancia, esto nos quiere decir que tanto las concentraciones de aceite esencial con quitosano como los tratamientos influyen en la variable color específicamente en la coordenada L\*. Mientras que la interacción entre estos dos factores no produce ningún efecto en la muestra debido a que el valor  $P > 0.05$ .

**Tabla 23. Comparaciones de Los tratamientos por parejas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
2	15	46.5520	A		
4	15	46.2493	A	B	
1	15	46.0420	A	B	
5	15	45.8007	A	B	
6	15	44.4967	A	B	C
3	15	44.3313		B	C
0	15	43.4740			C

En la tabla 23 las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. El método de tukey fue empleado para probar estadísticamente que existen diferencias significativas en las medias de los tratamientos para la variable color coordenada L\*. Como podemos observar se los ha clasificado en tres grupos A, B y C los tratamientos que presentan mayor luminosidad son los que pertenecen al grupo A de los cuales el que tiene la mayor luminosidad es el tratamiento 2 con un valor de 46. 5520 seguido por el tratamiento 4 con un valor de 46.2493 y el que presenta menor luminosidad es el tratamiento 0 con un valor de 43.4740 seguido por el tratamiento 3 con un valor de 44.3313 validando estadísticamente el análisis en la figura 4 los tratamientos con mayor concentración de aceite esencial de orégano presentan una menor luminosidad esto es posiblemente afectado por los cambios oxidativos que sufren los aceites esenciales por la temperatura, la luz y específicamente la presencia de oxígeno durante el almacenamiento(Nolazco et al., 2015)

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos por la prueba estadística de tukey para la coordenada L\* la que representa la luminosidad del aguaymanto.

**Tabla 24.** *Comparaciones de la concentración de aceite esencial y quitosano por parejas utilizando el método de Tukey para la coordenada L\* (confianza de 95%)*

Concentración de Aceite esencial y quitosano	N	Media	Agrupación
0.6 %	21	47.5900	A
0.8%	21	47.4214	A
1%	21	45.4676	B
1.4%	21	43.5957	C
1.6%	21	42.3152	C

La tabla 24 muestra los resultados del color coordenada L\* durante los 22 días de almacenamiento en donde se observa que están clasificados en tres grupos A, B y C presentando el aguaymanto fresco mayor luminosidad las concentraciones (0.6 y 0.8%) estos resultados pertenecen al grupo A, mientras tanto en las concentraciones de 1.4% y 1.6% el aguaymanto fresco presenta menor luminosidad estos resultados pertenecen al grupo C. mediante estas comparaciones por el método de tukey podemos afirmar que la luminosidad del aguaymanto fresca cambia a medida que se incrementa las concentraciones de aceite esencial debido a que las medias que no comparten una letra son significativamente diferente confirmando el análisis en la “figura 4” que a medida que trascurren los días su luminosidad disminuye.

**Tabla 25.** *Análisis de Varianza para la Variable Color Coordenada(a\*)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	6	38.02	6.3366	6.37	0.900
Concentración de Ac. Esencial y quitosano	4	26.22	6.5541	6.59	0.070
Tratamiento* Ac. Esencial y quitosano	24	45.85	1.9105	1.92	0.118
Error	70	69.62	0.9946		
Total	104	179.71			

La tabla 25 muestra los resultados estadísticos para la variable Color Coordinada a\*, en este análisis de variancia se utilizó un nivel de significancia del 5 % (0.05), esto quiere decir que si  $P > 0.05$  las medias del factor analizado son iguales y por lo tanto no hay diferencias significativas, por el contrario, si el valor  $P < 0.05$  nos indica que por lo menos una media es diferente. La prueba estadística (análisis de variancia) que se realizó para la variable Color Coordinada a\* muestra que tanto los tratamientos y la concentración de aceite esencial con quitosano tienen un valor  $P > 0.05$  por lo que podemos decir que estos factores no presentan efectos significativos en la variable Color Coordinada a\* de la muestra específicamente en las tonalidades de verde-rojo. Mientras tanto en la interacción de estos factores tampoco existen diferencias significativas ya que el  $P > 0.05$  este valor nos indica que la interacción de los factores días de almacenamiento y tratamientos no producen efectos a la muestra confirmando el análisis realizado en la “figura 5”.

**Tabla 26. Análisis de Varianza para la Variable Color Coordinada (b\*)**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	6	84.86	14.143	4.55	0.101
Concentración de Ac. Esencial y quitosano	4	78.47	19.618	6.31	0.100
Tratamiento* Ac. Esencial y quitosano	24	101.33	4.222	1.36	0.162
Error	70	217.47	3.107		
Total	104	482.13			

La tabla 26 muestra los resultados estadísticos para la variable Color Coordinada b\*, en este análisis de variancia se utilizó un nivel de significancia del 5 % (0.05). Los resultados que se obtienen mediante la prueba estadística (análisis de varianza) para la variable Color Coordinada b\* indican que para los factores tratamientos y concentración de aceite esencial con quitosano no existe una variación estadística debido a que el valor  $P > 0.05$  esto demuestro que estos dos factores no producen efectos en la muestra. Mientras tanto la interacción de estos factores presenta un valor  $P > 0.05$  lo que nos indica que la interacción entre los factores no produce ninguna variación en la

muestra específicamente en la variable color en las tonalidades de azul-amarillo corroborando estadísticamente el análisis en la “figura 6”.

### **Sobre la hipótesis**

La hipótesis plantea para esta investigación fue: la aplicación del recubrimiento comestible a base de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y quitosano prolonga la vida útil del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en almacenamiento por un periodo no menor de 22 días. Esta hipótesis es aceptada ya que a la fruta que se le aplicó el recubrimiento comestible retardo su descenso de acidez, su pérdida de humedad, su aumento de grados brix y su descenso de luminosidad. Llegando a determinar que a mayor concentración de quitosano conserva mejor sus características fisicoquímicas el fruto y que a mayor concentración de aceite esencial tiene un efecto negativo sobre el color específicamente en su luminosidad. Llegando a la conclusión que el mejor tratamiento que conserva sus características fisicoquímicas fue el A4Q2 el mismo que tiene una concentración de 0.6 en aceite esencial y una concentración de 1.6% de quitosano.

## V. CONCLUSIONES

- La mejor concentración del aceite esencial de orégano para conservar sus características fisicoquímicas del aguaymanto fresco fue del 1% ya que la mayor concentración de aceite esencial 1.4% tuvo un efecto negativo sobre el color específicamente en la coordenada L\*(luminosidad) evaluado a los 22 días de almacenamiento. El aceite de orégano evita el deterioro de los alimentos causado por la presencia de microorganismos contiene carvacrol y timol compuestos que trabajan juntos con efecto sinérgico para potenciar las propiedades antisépticas pero a altas concentraciones puede ser afectado por los cambios oxidativos que sufre específicamente por la presencia de oxígeno durante el almacenamiento.
- La concentración de 1.6% de quitosano obtuvo los mejores resultados para conservar sus características fisicoquímicas como: acidez, grados brix y humedad, observando que a mayor concentración de quitosano el aguaymanto conserva mejor dichas características fisicoquímicas evaluado durante los 22 días de almacenamiento esto es porque el quitosano tiene la capacidad de formar películas con excelentes propiedades mecánicas y permeabilidad selectiva a gases.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Realizar una investigación de un producto hecho con el aguaymanto recubierto por una película de aceite esencial de orégano y quitosano y determinar sus características organolépticas.

Evaluar el comportamiento de sus características fisicoquímicas del aguaymanto recubierto por aceite esencial de orégano y quitosano en diferentes estados de madurez y a diferentes temperaturas de conservación.

Realizar una investigación para determinar el efecto antimicrobiano del recubrimiento comestible hecho a base de aceite esencial de orégano con quitosano en la carga microbiana del aguaymanto fresco y semi procesado frente a microorganismos como hongos y bacterias.

## VII. Bibliografía

- Anaya, E. L., Pérez, L. A., Ruvalcaba, G. J., Sánchez, B. J., Romero, T. R., y Montalvo, G. E. (2020). *Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v23/1405-888X-tip-23-e20200241.pdf>
- Badui, D. (2013). *Química de alimentos* (5ª edición ed.). México: Ed. Pearson.
- Cáceres, N. J. (2019). *Efecto antimicrobiano de un recubrimiento activo con aceite esencial de flor de canela en mora de castilla (Rubus glaucus Benth)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30184/1/BQ%20196.pdf>
- Ceballos, S. G., y Quiroz, B. A. (2018). *Comparación de las Propiedades Físico-Químicas y Biológicas del Quitosano Obtenido a Partir del Hongo "Aspergillus niger" Frente al Obtenido a Partir de Crustáceos, en el Efecto Cicatrizante de Epitelial*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú. <https://core.ac.uk/download/pdf/198132158.pdf>
- Ceballos, T. V., y Londoño, G. L. (2019). *Aceites Esenciales en la Conservación de Alimentos*. Universidad Libre Seccional Pereira.
- Chavesta, A. A. (2018). *Estudio del efecto conservante del quitosano en una bebida no gasificada, tipo emoliente*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. <https://core.ac.uk/download/pdf/323350786.pdf>
- Chura, M., Evely, I., y Peralta Merma, R. E. (2017). *Evaluación fisicoquímica y sensorial durante la madurez y almacenamiento en estado deshidratado y congelado del Humpikusawa*.
- FAO. (2006). *Ficha Técnica Uchuva (Physalis peruviana)*. [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/UCHUVA.HTM](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/UCHUVA.HTM)
- García, Z. C. (2017). *"Obtención de Quitosano a Partir de Exoesqueleto de Langostino blanco (Litopenaeus Vanamei), para el Tratamiento de Efluentes Industriales"*. UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN .
- González, C. M., Sánchez, H. T., y Paredes, P. A. (2019). *Determinación de la capacidad conservante del aceite esencial de canela sobre uvilla (Physalis peruviana) como tratamiento postcosecha*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba.
- Herrera, B. D., Martínez, R. D., Luna, M. A., Gutiérrez, S. G., Hernández, M. C., Silva, V. R., . . . Flores, G. E. (2020). *Conservación de pechugas de pollo con aceite esencial de orégano mexicano*. Universidad de Sonora.

- León, C. E. (2015). *Determinación de la Vida Útil de Frutas Inmersas en dos Tipos de Geles a T° Ambiente en Periodos Estacionales*. Universidad Nacional del Callao, Bellavista-Callao.  
<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/991/005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, M., Ruiz, S., Navarro, C., Ornelas, J., Estrada, M., y Ortega, L. (2012). *Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas*. Rev. BIOtecnica.
- Ortega, L. A. (2018). *Determinación del Efecto Antimicrobiano de los Aceites Esenciales De Tomillo (Thymus vulvaris) y Orégano (Oregiganum vulgare) Frente a la Bacteria Staphylococcus aerus*. Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca-Ecuador.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16043/1/UPS-CT007779.pdf>
- Rico, F. (2013). *Estudio de la aplicación de recubrimientos comestibles de quitosano y su combinación con aceites esenciales sobre la vida útil del mango (Mangifera indica L.) mínimamente procesado*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rives, C. S., Ventura, A. R., Hernández, Mónica, L., y Bautista, B. S. (2018). *Evaluación de recubrimientos biodegradables para la conservación en fresco de jitomate Kenton*.
- Rodríguez, G. I. (2013). *Acete Esencial de Orégano Adicionado a Recubrimientos de Pectina como Tratamiento Antifúngico, Antioxidante en Frutos de Tomate*. Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo, A. C.  
<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1007/1/RODRIGUEZ-GARCIA-I13.pdf>
- Rodríguez, G. I. (2013). *Acete Esencial de Orégano Adicionado a Recubrimientos de Pectina como Tratamiento Antifúngico, Antioxidante en Frutos de Tomate*. Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo, A. C. .  
<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1007/1/RODRIGUEZ-GARCIA-I13.pdf>
- Sosa, C. D., Trejo, M. M., Lira, V. A., y Pascual, B. S. (2016). *Aplicación de Recubrimientos Comestibles Adicionados con Aceite Esencial De Orégano en Pepino (Cucumis Sativus L.)*. Universidad Nacional Autónoma de México.  
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/84.pdf>
- Ubaque, B. C. (2020). *Inclusión de aceite esencial de orégano y nisina encapsulados en biorecubrimiento comestible a partir de quitosano como alternativa de conservación en carne de hamburguesa de res*. Universidad Nacional de Colombia.  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77852/1026260154.2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Abanto, A. M. G. (2018). *Aplicación de dos recubrimientos comestibles quitosano y cera de abeja, para determinar el mejor efecto en la prolongación de la vida útil del arándano (vaccinium corymbosum L.)*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Abanto, M. (2018). *Aplicación de dos Recubrimientos Comestibles Quitosano y Cera de Abeja, Para Determinar el Mejor Efecto en la Prolongación de la Vida Útil del Arándano (Vaccinium corymbosum L.)*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Águila, Y. (2019). *Efecto de la concentración de aceite esencial de clavo de olor (syzygium aromaticum) en la cobertura comestible y del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, color, firmeza, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general del aguaymanto (Physalis peruviana L.)*.
- Ah-Hen, K. (2014). *El color en los alimentos un criterio de calidad medible*. 57-66.
- Ancco, S. (2022). *Efecto de recubrimientos comestibles a base de mucílago extraído de penca de tuna con quitosano en la conservación de arándanos (Vaccinium corymbosum)* [Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac].  
[https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1177/T\\_811.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1177/T_811.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arce, G. Y., & Quispe, Z. (2016). *Determinación del pH de Alimento de la Región Cusco y la Variación Sobre el pH Salival Después de su Consumo en Estudiantes de la Escuela Profesional de estomatología de la Universidad Andina del Cusco 2016* [Universidad Andina el Cusco ].  
[https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/562/Gina\\_Zuleidi\\_Tesis\\_bachiller\\_2016\\_p\\_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/562/Gina_Zuleidi_Tesis_bachiller_2016_p_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Balaguera-López, H. E., Martínez-Cárdenas, C. A., & Herrera-Arévalo, A. (2016). Comportamiento Poscosecha de Frutos de Uchuva (Physalis peruviana L.): Efecto de diferentes dosis y Tiempos de Exposición al 1-Metilciclopropeno. *Bioagro*, 28(1), 21-28.  
<https://ve.scielo.org/pdf/ba/v28n1/art03.pdf>
- Bermúdez, M. J., Granados, F., & Molina, A. (2018). *Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de Psidium guajava y Cymbopogon citratus*. 66(8), 1727-1730.  
<https://www.redalyc.org/journal/437/43757673010/html/>
- Borja, P. M., & Nevado, D. D. (2016). *Evaluación del Color del Epicarpio de Tomate (Solanum lycopersicum) en el Espacio Cromático CIELab, en Relación a sus Propiedades Fisicoquímicas, en el Proceso de Maduración*. chrome-error://chromewebdata
- Borja, R. E. V. (2010). *Estudio de la conservación de Fresas (Fragaria vesca) Mediante Tratamientos Térmicos* [Universidad Técnica de Ambato ].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- Briceño, P. K. E., & Castro, G. K. A. (2014). *Influencia del tiempo de cocción en las características fisicoquímicas de la chica de jora*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Casado, I. V. (2018). *Optimización De La Extracción De Aceites Esenciales Por Destilación en Corriente De Vapor* [Universidad Politécnica De Madrid ].  
[https://oa.upm.es/49669/1/TFG\\_Irene\\_Casado\\_Villaverde.pdf](https://oa.upm.es/49669/1/TFG_Irene_Casado_Villaverde.pdf)

- Caudillo, D. I. (2016). *Conservación poscosecha de fresa utilizando recubrimientos formulados con quitosano-quíno* [Universidad Veracruzana ]. <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/TESIS-DIANA-I.-CAUDILLO-CONTRERAS.pdf>
- Cazar, V. I. (2016). *Análisis físico-químico para la determinación de la calidad de las frutas* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador ]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11453/An%C3%A1lisis%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmico%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20las%20frutas.pdf?sequence=1>
- Chanaguano, D. C. (2016). *Estudio de la calidad y comportamiento postcosecha de dos variedades de mora (Rubus glaucus Benth) cosechadas en los estados de madurez 3 y 5*. [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24090/1/AL613.pdf>
- Cherrez, F. E. P. (2022). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENLATADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES DE TOMATE DE ÁRBOL Solanum betaceum Cav. EN ALMÍBAR* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13067/2/03%20EIA%20567%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cofre, D. M. (2022). *Aplicación de aceites esenciales como aditivos naturales en los sistemas alimentarios*.
- Coloma, E. I. (2008). *“Estudio del efecto de la Deshidratación Osmótica en la Vida Útil de los Productos Secos”* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://core.ac.uk/download/pdf/12402238.pdf>
- Fernández, J. J., & García, T. (2010). *Predicción de la vida útil de los alimentos* (J. J. Fernandez, Ed.). Feduez. <http://libreria.unellez.edu.ve/wp-content/uploads/2020/07/Prediccion-de-la-vida-util-de-los-alimentos.pdf>
- Gamarra, A. B. (2017). *Efecto de la concentración de aceite esencial de orégano (oreganun vulgare) en la cobertura comestible a base de gelatina–almidón y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de aguaymanto (Physalis peruviana L.)*.
- Gómez, A. M., & Benítez, I. D. (2018). *Estudio para Determinar la Vida Útil de Limón Tahití en una Cadena de Abastecimiento Citrícola De Cuatro Eslabones* [Universidad del Valle ]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16419/CB-0598401.pdf?sequence=1>
- Guardiola, T. (2020). *ANTIMICROBIANOS NATURALES PRESENTES EN COLORANTES ALIMENTARIOS*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/157845/Guardiola%20-%20Antimicrobianos%20naturales%20presentes%20en%20colorantes%20alimentarios.pdf?sequence=1>
- Guerrero, BR. J. (2019). *Fenología y Producción de tres Ecotipos de Aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1886/Juan%20Guerrero%20Castillo%20%28Tesis%2C%202019%20%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hervas, P. M. (2011). *Estudio de la influencia de los grados brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne*.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3105/1/PAL259.pdf>
- Julián, L. A. (2009). *Propiedades Físicas y Químicas de Tres Variedades del Fruto de annona Diversifolia* [Universidad Tecnológica de la Mixteca ]. [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/10968.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10968.pdf)
- Limaymanta, L. (2015). *Evaluación Físicoquímica de Néctar de Durazno, Expendidos en los Distintos Establecimientos Comerciales del Distrito Huacrapuquio* [UAP].  
[https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/4451/1/Tesis\\_Evaluaci%C3%B3n\\_N%C3%A9ctar\\_Establecimientos.pdf](https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/4451/1/Tesis_Evaluaci%C3%B3n_N%C3%A9ctar_Establecimientos.pdf)
- López, H. G. Y. (2014). *EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PIMIENTO MORRÓN DESHIDRATADO POR TRES DIFERENTES MÉTODOS Y EMPACADOS EN DOS DIFERNTENTES ENVASES*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- López, M. A. (2008). *Determinación de Cantidades de Aceites Esenciales en Fresco y en Seco en el Ecotipo de Orégano Común (Origanum vulgare L.)* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann].  
[https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/916075/determinacion-de-cantidades-de-aceites-esenciales-en-fresco-y-s\\_XmubdCZ.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/916075/determinacion-de-cantidades-de-aceites-esenciales-en-fresco-y-s_XmubdCZ.pdf)
- Martínez-González, M., Elizabeth, M., Balois-Morales, ;, Alia-Tejacal, R. ;, Cortes -Cruz, I. ;, Alberto, M., Palomino-Hermosillo, ;, Apatzingan, Y., López-Gúzman, ;, & Guadalupe, G. (2017). *Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos*. 4075-4087.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153823018>
- Montoya, G. D. J. (2010). *Aceites Esenciales* (Primera Edición).  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55532/9588280264.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morejón, A. B., & Viznay, A. de los Á. (2018). *Control microbiológico y determinación de pH, acidez y grados brix de jugos expendidos en los espacios públicos de la ciudad de Cuenca-Ecuador* [Universidad de Cuenca].  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30388/1/trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Nolazco, C. D., Téllez, M. L., & Capa, R. C. (2015). *Influencia de la concentración de aceite esencial de orégano (Origanum vulgare L.) en el tiempo de vida en anaquel del aceite de oliva (Olea europea) extravirgen*.
- Parra, M. L. J. (2022). *Desarrollo de formulación cinéticamente estable, a partir de la mezcla de 3 aceites esenciales (Lippia origanoides, Thymus vulgaris y Rosmarinus officinalis) en agua*. Universidad Industrial de Santander.
- Preciado, R. D. (2022). *Extracción y caracterización de quitosano obtenido a partir de residuos del procesamiento de camarón Penaeus monodon* [Universidad de Los Andes].  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/58516/Extraccio%C2%BFn%20y%20caracterizacio%C2%BFn%20de%20quitosano%20obtenido%20a%20partir%20de%20residuos%20del>

%20procesamiento%20de%20camaro%C2%BFn%20Penaesus%20monodon.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Quintero, V., Giraldo, A., Lucas, J., & Vasco, J. (2013). *Caracterización Fisicoquímica del Mango Común (Mangifera indica L.) durante su Proceso de Maduración*. 11.
- Rettig, M., & Ah-Hen. (2014). *El color en los alimentos un criterio de calidad medible*.  
<http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v42n2/art07.pdf>
- Rives, S., Ventura, R., Hernández, M., & Bautista, S. (2018). *Evaluación de recubrimientos biodegradables para la conservación en fresco de jitomate Kenton*.  
[https://www.researchgate.net/publication/330132810\\_Evaluacion\\_de\\_recubrimientos\\_biodegradables\\_para\\_la\\_conservacion\\_en\\_fresco\\_de\\_jitomate\\_KentonEvaluation\\_of\\_biodegradable\\_coatings\\_for\\_preservation\\_of\\_fresh\\_Kenton\\_tomato](https://www.researchgate.net/publication/330132810_Evaluacion_de_recubrimientos_biodegradables_para_la_conservacion_en_fresco_de_jitomate_KentonEvaluation_of_biodegradable_coatings_for_preservation_of_fresh_Kenton_tomato)
- Rodríguez, E. N. (2011). USO DE AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS. *Ra Ximhai*, 7. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46116742014.pdf>
- Rojas C, E. (2018). *Evaluación del Efecto del Tiempo, Temperatura y Recubrimiento Comestible en la Calidad Comercial del Aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga ].  
[http://repositorio.unsch.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UNSCH/3389/TESIS%20AI173\\_Roj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UNSCH/3389/TESIS%20AI173_Roj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rojas, M. A. (2006). *Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación* [Universitat de Lleida].  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8377/Trgmj1de4.pdf;jsessionid=02E4D2AE174AAF2F66564A838D26E779?sequence=1>
- Rosas, D. S. (2011). *Contenido de Compuestos Bioactivos y su Contribución a su Capacidad Antioxidante durante la Maduración de Piña «Esmeralda»*. [Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.].  
[https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/179/1/Rosas%20Dominguez\\_2011\\_MC.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/179/1/Rosas%20Dominguez_2011_MC.pdf)
- Saborit, K. Z. (2015). *«Micropartículas Porosas Nanoestructuradas de Quitosano Acarreadoras de Moléculas Bioactivas»* [tro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.].  
<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/64/1/Saborit%20Pino%20Karla%20Zuleika.pdf>
- Sani León, M. (2020). *Aplicación de un Recubrimiento a base de quitosano para el Manejo Post-Cosecha de la Uvilla (Physalis Peruviana l.)* [Escuela Superior Politecnica de Chimborazo].  
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/17058/1/27T00531.pdf>
- Solano, L. G., Alamilla, L., & Jiménez, C. (2018). *Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados*.  
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Tirado, D. F., Montero, P. M., & Acevedo, D. (2014). *Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias*.

- Ubaque, C. A. (2020). *Inclusión de aceite esencial de orégano y nisina encapsulados en biorecubrimiento comestible a partir de quitosano como alternativa de conservación en carne de hamburguesa de res* [Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77852/1026260154.2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Velasquez, E. J., & Cristobal, K. I. (2017). *Evaluación de las Características Fisicoquímicas del Aguaymanto (Physalis peruviana L.) de la Zona Andina y Selva en Diferentes Estados de Madurez* [Universidad Nacional del Centro del Perú].  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1593/Velasquez%20Cristobal%20-%20TESIS%20-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, M. W. F. (2021). *Análisis Físico-químico del Mango*.  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16993/1/E-12173\\_VERA%20MORA%20WINER%20FABIAN.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16993/1/E-12173_VERA%20MORA%20WINER%20FABIAN.pdf)
- Villacís, F. J. (2014). *Estudio del Efecto de un Recubrimiento Comestible y su Incidencia en el Tiempo de Vida Útil de la Uvilla (Physalis peruviana L.)* [Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8425/1/AL%20535.pdf>
- Villalobos, A. L. (2009). *Metodologías de Análisis de Factores de Calidad en Frutas Tropicales, Implementadas por el Laboratorio de Postcosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos* [Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos ].  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4000/Metodolog%C3%ADas%20de%20an%C3%A1lisis%20de%20factores%20de%20calidad%20en%20frutas%20tropicales%20y%20suptropicales,%20implementadas%20por%20el%20laboratorio%20de%20postcosecha%20de%20la%20Universidad%20de%20California%20en%20Davis,%20Estados%20Unidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zambrano, J., Valera, A., Maffei, M., Materano, W., Quintero, I., & Graterol, K. (2017). *Efecto de un Recubrimiento Comestible Formulado con Mucílago del Cactus (Opuntia elatior Mill.) y Quitosano Sobre la Calidad de FRUTOS de Aguaymanto Mínimamente Procesados*.  
<http://ve.scielo.org/pdf/ba/v29n2/art07.pdf>

Anexos

**Tabla 27. Datos de los tratamientos con respecto a sólidos solubles con tres repeticiones evaluados en 22 días**

Brix												
Día Tratamiento	Día 7				Día 12				Día 17			
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
A0Q0	12.8	13.1	13	13.0	13.1	14.4	15.3	14.3	14.8	14.7	15.4	15.0
A1Q1	13.8	14	12.7	13.5	13.6	14	14.2	13.9	14.1	14.5	13.5	14.0
A2Q1	12.5	14	13	13.2	13.3	14,7	14.5	13.9	13.7	14.5	14.5	14.2
A3Q1	13.5	14.1	13.9	13.8	13.7	14.1	14.2	14.0	13.3	14	14.4	13.9
A1Q2	13.9	12.9	14.8	13.9	13.8	14.7	13.7	14.1	14.3	14.1	14.3	14.2
A2Q2	12.8	13.7	14.7	13.7	13.4	14	13.8	13.7	13.9	13.4	14.9	14.1
A3Q2	14	13.4	14	13.8	13.6	14.2	13.5	13.8	13.8	14	13.9	13.9
Brix												
Día Tratamiento	Día 0				Día 22							
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio				
A0Q0	12.5	11.5	12.5	12.2	15.7	16.4	15.9	16.0				
A1Q1	12.5	11.5	12.5	12.2	13.8	14	14.7	14.2				
A2Q1	12.5	11.5	12.5	12.2	14.5	14	14.9	14.5				
A3Q1	12.5	11.5	12.5	12.2	13.9	14.1	14.6	14.2				
A1Q2	12.5	11.5	12.5	12.2	13.9	14.3	14.8	14.3				
A2Q2	12.5	11.5	12.5	12.2	13.1	14.3	14.7	14.0				
A3Q2	12.5	11.5	12.5	12.2	14	13.9	14	14.0				

**Tabla 28. Datos de los tratamientos con respecto a la acidez con tres repeticiones evaluados en 22 días**

Acidez												
Día Tratamiento	Día 0				Día 7				Día 12			
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
A0Q0	2.11	2.16	2.23	2.17	2.05	2.10	2.16	2.10	1.98	2.06	2.15	2.07
A1Q1	2.11	2.16	2.23	2.17	2.15	2.18	2.16	2.16	2.02	2.18	2.10	2.10
A2Q1	2.11	2.16	2.23	2.17	2.20	2.12	2.15	2.16	2.04	2.14	2.11	2.09
A3Q1	2.11	2.16	2.23	2.17	2.24	2.16	2.05	2.15	2.11	2.16	2.04	2.10
A1Q2	2.11	2.16	2.23	2.17	2.16	2.11	2.24	2.17	2.16	2.14	2.02	2.11
A2Q2	2.11	2.16	2.23	2.17	2.23	2.16	2.14	2.18	2.04	2.15	2.11	2.10
A3Q2	2.11	2.16	2.23	2.17	2.09	2.27	2.09	2.15	2.29	2.12	2.01	2.14

Acidez												
Día Tratamiento	Día 17				Día 22							
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio				
A0Q0	1.83	1.80	1.92	1.85	1.68	1.72	1.73	1.71				
A1Q1	1.97	2.01	2.11	2.03	1.88	2.01	1.83	1.91				
A2Q1	2.02	2.05	2.06	2.04	1.92	1.88	1.89	1.90				
A3Q1	2.07	2.10	2.00	2.06	1.95	1.91	1.91	1.92				
A1Q2	2.05	2.07	2.01	2.04	1.88	1.98	2.05	1.97				
A2Q2	2.04	2.05	2.07	2.05	2.04	1.95	1.88	1.95				
A3Q2	2.06	2.02	2.06	2.05	1.91	1.92	2.05	1.96				

Color									
Día Tratamiento	Día 0								
	R1			R2			R3		
	Luminosidad	Tonalidad	Pureza	Luminosidad	Tonalidad	Pureza	Luminosidad	Tonalidad	Pureza
A0Q0	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
A1Q1	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
A2Q1	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
A3Q1	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
A1Q2	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
A2Q2	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
A3Q2	49.79	23.84	25.29	45.59	27.17	24.27	47.39	21.93	25.79
Día 7									
A0Q0	45.50	29.56	22.97	46.45	26.83	22.95	44.36	29.02	22.65
A1Q1	46.88	26.77	25.88	48.24	29.23	24.51	47.89	28.14	25.11
A2Q1	49.70	24.83	25.34	48.37	27.01	23.47	47.18	24.76	24.09
A3Q1	46.61	26.43	25.05	47.90	28.95	24.58	50.00	28.34	23.19
A1Q2	48.10	27.04	26.88	49.86	24.61	24.25	46.32	27.10	24.50
A2Q2	44.92	25.60	23.44	47.76	29.13	24.65	47.00	25.31	24.47
A3Q2	45.76	24.19	24.11	47.63	27.76	22.26	49.42	26.95	24.14
Día 12									
A0Q0	44.32	27.97	26.10	41.22	24.73	24.35	40.70	28.02	22.67
A1Q1	45.18	25.49	24.52	48.97	32.10	22.43	45.35	27.13	24.82
A2Q1	46.18	25.45	24.55	48.97	31.75	22.46	46.35	27.15	24.94
A3Q1	44.43	26.11	22.65	43.00	28.49	22.77	43.99	25.14	23.21
A1Q2	47.65	25.51	24.43	47.52	26.65	28.14	45.02	26.75	26.75
A2Q2	48.07	27.25	23.94	46.80	30.52	27.26	46.45	24.53	26.11
A3Q2	43.20	30.02	22.29	45.69	22.61	23.72	45.76	26.78	22.79
Día 17									
A0Q0	42.53	28.74	19.80	43.69	28.77	22.67	40.01	29.42	21.03
A1Q1	47.52	31.12	22.49	44.88	23.23	25.61	40.34	26.67	27.92
A2Q1	43.16	30.38	25.35	48.93	29.11	25.33	46.42	27.71	27.22
A3Q1	41.97	26.20	20.97	43.22	26.02	21.61	40.56	26.18	22.84
A1Q2	44.26	27.18	25.88	42.64	28.78	22.18	46.32	25.95	27.01
A2Q2	45.02	26.88	27.62	42.06	25.18	27.34	43.48	26.08	24.75
A3Q2	44.07	25.94	20.12	43.80	24.24	19.65	40.63	25.56	21.95
Día 22									
A0Q0	41.02	21.89	20.09	40.06	27.27	18.83	39.48	23.70	22.09
A1Q1	46.88	25.41	27.18	44.24	27.10	26.27	41.49	28.14	25.11
A2Q1	44.70	24.83	25.34	42.37	27.01	23.47	43.18	28.12	21.41
A3Q1	39.95	20.79	20.14	39.90	26.34	20.06	40.67	27.91	21.17
A1Q2	46.10	29.69	28.71	40.86	26.76	20.21	46.32	27.10	24.50
A2Q2	44.92	24.39	22.11	40.76	25.85	13.92	47.00	25.41	26.70
A3Q2	39.86	22.79	20.60	38.89	23.91	21.64	39.97	24.28	21.74

**Tabla 29. Diferencia de color total de los tratamientos a los 22 días**

Cálculo del delta de E																
	Día 7				Día 12				Día 17				Día 22			
	$\Delta L$	$\Delta B$	$\Delta A$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta B$	$\Delta A$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta B$	$\Delta A$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta B$	$\Delta A$	$\Delta E$
A0Q0	2.15	-	2.26	5.20	5.51	2.60	0.74	6.14	5.51	4.66	3.95	8.23	7.40	0.02	4.77	8.81
A1Q1	0.08	-	0.05	3.74	1.09	3.93	1.19	4.25	3.34	2.69	0.22	4.30	3.39	2.57	1.07	4.38
A2Q1	0.83	-	0.81	1.68	0.42	3.81	1.13	3.99	1.42	4.75	0.85	5.03	4.17	2.34	1.71	5.08
A3Q1	0.58	-	0.84	3.74	3.78	2.27	2.24	4.95	5.67	1.82	3.30	6.81	7.42	0.70	4.65	8.78
A1Q2	0.50	-	0.10	2.01	0.86	1.99	1.33	2.54	3.18	2.99	0.09	4.37	3.16	3.54	0.64	4.79
A2Q2	1.03	-	0.93	2.75	0.48	3.12	0.65	3.23	4.07	1.73	1.46	4.66	3.36	0.90	4.20	5.46
A3Q2	0.01	-	1.61	2.56	2.71	2.16	2.18	4.09	4.76	0.94	4.54	6.64	8.02	0.65	3.79	8.89

**Tabla 30. Datos de los tratamientos con respecto a la humedad con tres replicas.**

Humedad												
Días Tratamiento	Día 0				Día 7				Día 12			
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
A0Q0	85.50	85.12	84.71	85.11	84.68	85.18	84.65	84.84	83.43	84.00	84.82	84.08
A1Q1	85.50	85.12	84.71	85.11	85.65	85.26	84.96	85.29	84.08	85.37	84.96	84.80
A2Q1	85.50	85.12	84.71	85.11	84.52	85.96	85.54	85.34	85.04	84.96	85.16	85.05
A3Q1	85.50	85.12	84.71	85.11	85.39	84.96	85.88	85.41	84.91	85.57	84.94	85.14
A1Q2	85.50	85.12	84.71	85.11	84.89	85.12	84.98	84.99	85.02	84.76	85.51	85.10
A2Q2	85.50	85.12	84.71	85.11	84.92	85.48	85.05	85.15	85.55	85.51	85.24	85.43
A3Q2	85.50	85.12	84.71	85.11	84.71	85.53	86.05	85.43	85.68	85.02	85.72	85.47
Humedad												
	Día 17				Día 22							
A0Q0	83.09	82.95	82.83	82.96	81.36	80.27	80.68	80.77				
A1Q1	84.87	83.59	83.58	84.01	83.99	83.97	82.70	83.55				
A2Q1	85.56	84.45	84.05	84.69	83.25	84.05	83.16	83.48				
A3Q1	85.16	84.63	84.37	84.72	84.06	84.10	83.67	83.95				
A1Q2	84.40	85.12	84.83	84.78	84.69	84.46	84.05	84.40				
A2Q2	85.02	85.13	84.74	84.96	84.92	83.47	83.85	84.08				
A3Q2	85.64	84.95	85.07	85.22	84.91	84.16	85.34	84.81				



**Figura 2** *Retirado de cáliz del aguaymanto.*



**Figura 1** *Separación de aguaymanto golpeado*



**Figura 4** *Separación de aguaymanto rajado*



**Figura 3** *Separación de aguaymanto verde*



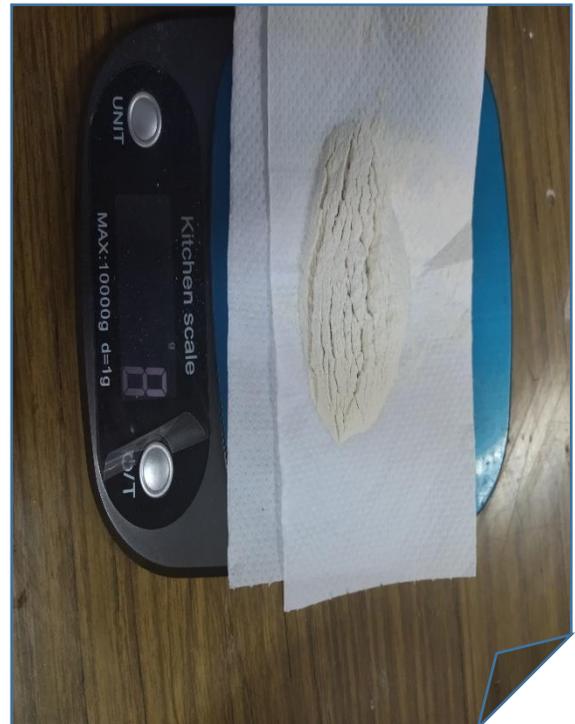
**Figura 5** *Pesado del aguaymanto*



**Figura 6** *Medición de aceite esencial de orégano*



**Figura 7** *Aceite esencial de orégano utilizado en los recubrimientos*



**Figura 8** *Pesado de quitosano*



**Figura 9** Mezcla de aceite esencial de orégano con quitosano



**Figura 10** Secado de aguaymanto recubierto a temperatura ambiente



**Figura 12** Empacado de aguaymanto



**Figura 11** Almacenamiento de los tratamientos



**Figura 13** *Pesado de las muestras para determinar su humedad*



**Figura 14** *Muestras listas para ser introducidas a la estufa*



**Figura 16** *Muestras sometidas a 105 grados Celsius*



**Figura 15** *Muestras después de 24 horas las que fueron pesadas para los cálculos correspondientes*



**Figura 17** *Muestra para determinar la acidez del aguaymanto*



**Figura 18** *Muestra titulada con hidróxido de sodio al 0.1 N*



**Figura 19** *Triturado de aguaymanto para determinar sus solidos solubles*



**Figura 20** *Medición de los solidos solubles del aguaymanto*