

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE UN ENVASE
ACTIVO EN LA FRESA (*Fragaria spp.*) APLICANDO DIFERENTES
PROPORCIONES DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum
cassia*).

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TESISTA

Bach. TOMAS VICENTE JOSE IGNACIO

ASESOR

Mg. ESTACIO LAGUNA ROGER

HUÁNUCO - PERÚ

2019

*A mis padres,
Carmen e Ignacio*

AGRADECIMIENTOS

A mi madre:

Por todo su amor, apoyo y comprensión.

A mi padre:

Por todo el sacrificio y esmero que puso en mi formación educativa.

A mis hermanos y hermanas:

Por su cariño y ser quienes han sido mi inspiración para ser mejor cada día.

A mi Sobrino, Zamir:

A quien quiero mucho y lo considero como un amigo e hijo para mí.

A mi amiga, Rosalia:

Por acompañarme y apoyarme en un tramo esencial de la universidad, además de ser muy especial en mi vida demostrándome que a pesar de las circunstancias puedo contar con ella.

Y a todas las personas que desinteresadamente me ayudaron a culminar mi carrera profesional y desarrollar este material de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	6
SUMMARY	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Fundamentación teórica	10
2.1.1. Generalidades de la fresa (<i>Fragaria spp.</i>)	10
2.1.2. Generalidades de la canela (<i>Cinnamomum cassia</i>)	19
2.1.3. Generalidades de los aceite esenciales	21
2.1.4. Generalidades del aceite esencial de canela	22
2.1.5. Generalidades de los hongos	24
2.1.6. Envases activos e inteligentes	26
2.2. Antecedentes	28
2.3. Hipótesis	33
2.3.1. Hipótesis general	33
2.3.2. Hipótesis específicas	33
2.4. Variables y operacionalización de variables	33
2.4.1. Variable independiente	33
2.4.2. Variable dependiente	34
2.4.3. Operacionalización de variables	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Tipo y nivel de investigación	35
3.1.1. Tipo de investigación	35
3.1.2. Nivel de investigación	35
3.2. Lugar de ejecución	35
3.3. Población, muestra y unidad de análisis	36
3.3.1. Población	36
3.3.2. Muestra	36
3.3.4. Unidad de análisis	36
3.4. Tratamientos en estudio	37
3.4.1. Para determinar la proporción óptima de aceite esencial de canela	37
3.5. Prueba de hipótesis	37
3.5.1. Diseño de la investigación	37
3.5.2. Datos a registrar	38

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información-----	38
3.6. Materiales y equipos-----	40
3.6.1. Materia prima-----	40
3.6.2. Materiales de laboratorio:-----	40
3.6.3. Equipos-----	40
3.6.4. Insumos-----	41
3.6.5. Reactivos-----	41
3.7. Conducción de la investigación-----	41
3.7.1. Caracterización de la fresa y de la canela-----	42
3.7.2. Evaluación de la actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de canela (AEC)-----	42
3.7.3. Adecuación y preparación del envase activo para su aplicación del recubrimiento en la fresa-----	46
3.7.4. Evaluación de la influencia del aceite esencial en las propiedades sensoriales de la fresa-----	48
3.7.5. Evaluación del aceite esencial en las propiedades físicas de la fresa-----	49
3.7.6. Evaluación del aceite esencial en las propiedades funcionales de la fresa-----	50
IV. RESULTADOS-----	51
V. DISCUSIÓN-----	74
VI. CONCLUSIONES-----	81
VII. RECOMENDACIONES-----	82
VIII. LITERATURA CITADA-----	83

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antifúngica de un envase activo aplicando aceite esencial de canela, con el propósito de prolongar la vida útil durante el almacenamiento de fresa, expresada en porcentajes de mortandad del mismo. Se identificó la especie de *Botrytis* a través de la purificación microbiana para lo cual se utilizaron las claves de Barnett, con el análisis macroscópico y microscópico, determinando así el *Botrytis cinerea*. Se evaluó el aceite esencial a tres concentraciones 100, 200 y 300 ppm sobre el desarrollo *in vitro* de *Botrytis cinerea* (crecimiento micelio), a través del método del ritmo promedio de crecimiento durante 12 días. Se utilizaron frutos de fresas para evaluar la actividad antifúngica del aceite esencial en sus características sensoriales, fisicoquímicas, y funcionales. Los resultados de los experimentos *in vitro* demostraron que los tratamientos más efectivos fueron obtenidos con el aceite esencial de canela a 200 y 300 ppm. Los experimento *in situ* mostraron que el aceite de canela a 300 ppm combinado con el envase activo y a refrigeración (5°C) fue el tratamiento más efectivo para reducir la pudrición fúngica y la pérdida de características de calidad de la fresa, logrando incrementar la vida útil de estas por un periodo de más de 12 días. Se concluye que el aceite esencial de canela posee un efecto antifúngico frente a *Botrytis cinerea* por lo que prolonga el periodo de vida útil de las fresas conservando su calidad y características. Por lo que se recomienda el uso de aceite esencial de canela sobre envases activos como alternativa de tratamiento postcosecha para alargar la vida útil de la fresa en la región.

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the antifungal activity of an active container by applying cinnamon essential oil, with the purpose of prolonging the shelf life during strawberry storage, expressed in milling percentages. The species of *Botrytis* was identified through microbial purification for which the keys of Barnett were used, with macroscopic and microscopic analysis, thus determining the *Botrytis cinerea*. The essential oil was evaluated at three concentrations 100, 200 and 300 parts per million on the in vitro development of *Botrytis cinerea* (mycelium growth), through the average growth rate method over 12 days. Strawberry fruits were used to evaluate the antifungal activity of essential oil in its sensory, physicochemical, and functional characteristics. The results of the in vitro experiments showed that the most effective treatments were obtained with cinnamon essential oil at 200 and 300 parts per million. In situ experiments showed that cinnamon oil at 300 parts per million combined with active packaging and cooling (5°C) was the most effective treatment to reduce fungal rot and loss of strawberry quality characteristics, achieving increase their lifespan for a period of more than 12 days. It is concluded that the essential cinnamon oil has an antifungal effect against *Botrytis cinerea*, thus prolonging the shelf life of the strawberries while retaining their quality and characteristics. Therefore it is recommended to use cinnamon essential oil on active packaging as a post-harvest treatment alternative to extend the shelf life of the strawberry in the region.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los principales problemas de la comercialización de fresa es la alta perecibilidad al ser una fruta muy delicada, esto debido a malas prácticas de manufactura en la cosecha y poscosecha. Un manejo adecuado asegura en la fruta su conservación sin alterar sus componentes esenciales.

Existen diferentes maneras para poder alargar la vida útil de la fresa, una de ellas es inhibiendo el crecimiento del hongo *Botrytis cinérea*, siendo una opción desarrollar una barrera de protección contrarrestando la aparición de este hongo; así mismo no sea dañino para quien lo consume; logrando obtener un envase activo comestible y antifúngico.

Yousef y Tawil (1980) y Tantaoui-Elaraki y Beraoud (1994) demostraron que el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum Blume*) presenta un efecto antifúngico. Es por ello que, en el afán de solucionar el problema, se pretende ejecutar un proyecto para conservar la fruta manteniendo lo mejor posible sus características organolépticas, físicas, microbiológicas y funcionales.

El presente proyecto de investigación se realizará con el fin de lograr un envase activo que cumple la actividad antifúngica y a su vez que conserva las propiedades físicas y funcionales de la fresa en investigación. Es por ello que se justifica de manera que, al evaluar diferentes proporciones de aceite esencial, podremos determinar una proporción adecuada para que el envase activo pueda cumplir con su primordial efecto que es la de ser un antifúngico.

Una de las razones principales del deterioro y la pérdida de peso de la fruta pos cosecha es la acción de microorganismos. Se puede afirmar que los microorganismos son la principal causa de deterioro grave y rápido que pueden dañar las frutas en cualquier momento de su vida, produciendo daños irreversibles los cuales se detectan fácilmente por el cambio producido en una o más de sus características sensoriales, es decir su apariencia, aromas, color, sabor y textura.

Por tal motivo en esta investigación se utiliza el aceite esencial de canela como un potencial bioconservador para inhibir el crecimiento de microorganismos, con esto queremos reducir las pérdidas por deterioro de la materia prima. Consiguiendo así

un producto de calidad, protegiendo sus características intrínsecas, el poder nutricional y propiedades organolépticas. Esta investigación aspira a beneficiar el sector productor al prolongar el periodo de vida en fresco de la fresa, lo que estimulará su producción en la región. Además la industria alimenticia siendo otro beneficiado por disponer un tratamiento beneficioso con este aditivo natural de bajo costo e inocuo.

Por tanto se determinó el hongo causante de la pudrición de la fresa para luego aislar al *Botrytis cinerea*, se evaluó además la eficacia de la inhibición de crecimiento del aceite esencial de canela sobre el desarrollo in vitro del hongo aislado. Los resultados demostraron que los tratamientos más efectivos se obtuvieron con el aceite esencial a proporciones de 200 y 300 ppm. Finalmente se evaluó la actividad antifúngica del aceite esencial de canela in situ sobre la fresa a diferentes proporciones mediante análisis sensoriales, fisicoquímicos y funcionales. Los experimentos in situ demostraron que el aceite de canela a 300 ppm sobre el envase activo en la fresa a conservación (5°C) fue el tratamiento más efectivo para reducir la pudrición micotica y pérdida de calidad en la fresa.

Ante lo expuesto es necesario encontrar mecanismos que no sólo permitan mejorar la calidad de las frutas y proteger la salud de los consumidores sino también inhibir el impacto que generar plaguicidas y fungicidas sintéticos en el medio ambiente. Es por ello que se plantea esta investigación cuyos objetivos son:

- Evaluar la influencia del aceite esencial en el efecto de la inhibición de crecimiento de *Botrytis Cinerea*.
- Analizar la influencia del aceite esencial en las propiedades sensoriales de la fresa (*Fragaria spp.*).
- Evaluar la influencia del aceite esencial en las propiedades físico-químicas de la fresa (*Fragaria spp.*).
- Analizar la influencia del aceite esencial en las propiedades funcionales de la fresa (*Fragaria spp.*).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Generalidades de la fresa (*Fragaria spp.*)

2.1.1.1. Origen y clasificación taxonómica

MINAG (2008) menciona que el origen de la fresa es europeo, de la región alpina, es una fruta pequeña y de sabor intenso. Sin embargo, en el siglo XVIII se descubrió en Chile una fresa más grande, la cual se conoce hoy como fresón o frutilla y es la que comúnmente se siembra en todo el mundo por sus altos rendimientos y que actualmente recibe el nombre genérico de “fresa”.

Nunes (2007) indica que la fresa pertenece al género *Fragaria* que se incluye en la *Subfamilia Rosoideae, Familia Rosaceae, Orden Rosales, Sub-Clase Rosidae, Clase Magnoliopsida, SubFilo Magnoliphyta, Filo Antophyta, Reino Plantae, Dominio Eukarya.*

2.1.1.2. Descripción botánica

La fresa es una planta rastrera perenne, que posee un tallo pequeño semisubterráneo o rizoma y un tallo modificado llamado “corona central” en el que se encuentran las yemas axilares que pueden dar origen a flores, a estolones o a las coronas secundarias, que son las que le dan forma de roseta a la planta.

Cuando la planta obtiene cierto desarrollo, brotan los estolones la planta que producen hojas y raíces que llegan a convertirse en nuevas plantas. Los estolones tienen la capacidad de intercambiar agua y nutrientes entre la planta madre y sus hijos, lo que les permite sobrevivir en situaciones de poca humedad o daños radiculares. Una corona puede producir de 10 a 12 estolones; estos a su vez, tienen la capacidad de producir raíces y estolones secundarios, lo que permite una producción de 4 a 6 plantas por estolón (Escalante, 2015).

Las hojas son el área fotosintética de la planta, son trifoliadas, dentadas, blancas por el envés y color verde brillante en el haz. Posee peciolo largo que se originan en la corona o un rizoma muy corto que se encuentra al nivel del suelo y constituye la base del crecimiento de la planta (MINAG 2008). Estudios demuestran que estas hojas poseen una gran cantidad de estomas, entre 300 y 400 mm² por lo que presentan una elevada tasa de transpiración (Melo, 2017).

Son de 2.5 a 3cm de largo, agrupadas en racimos en un solo tallo vertical aproximadamente de 1 m de largo. Poseen una coloración amarillo-limón con líneas verde -manzana, colores que cambian a amarillo-ocre a medida que transcurren los distintos estados de maduración (Cano y Corales, 2014).

Escalante (2015) menciona que en la base del fruto está el cáliz, con sépalos adherentes, libres, verdes por lo general; el cáliz puede separarse fácil o difícilmente, lo cual tiene una cierta importancia en función del destino de los frutos, bien sea para consumo en fresco o para transformación industrial. La parte central del fruto o corazón, puede estar poco o muy desarrollada y puede haber frutos con “corazón vacío”, lo cual es un carácter negativo, o con corazón lleno.

El fruto de fresa pertenece a la categoría de los no climatéricos, por lo que no completará su madurez comercial una vez recolectado. El ciclo de vida de esta planta es corto (de doce a veinte semanas por generación) (Moya y Osorio, 2017). La forma y tamaño de los frutos es una característica varietal, aunque los factores ambientales afectan en gran medida a este carácter. (Chambi y Puraca, 2017).

2.1.1.3. Valor nutricional

Los principales azúcares solubles de la fresa son la glucosa y fructosa, que constituyen más del 80 % de los azúcares totales y el 40 % del peso total seco, la glucosa, fructosa y sacarosa son los azúcares solubles que están presentes en el fruto de fresa

en todas las etapas de maduración. Los niveles de sacarosa son generalmente mucho más bajos y muestran una pequeña acumulación cerca del desarrollo de la fruta (Cano y Corales, 2014).

Son ricas en vitamina C (o ácido ascórbico), sustancias que tienen una acción antioxidante y alto contenido de ácidos orgánicos, entre ellos cítrico, málico, oxálico y salicílico. Su contenido en fibra es moderado. Como compuestos activos presenta pigmentos, aceite esencial, vitamina C, taninos y flavonoides (Almenar, 2005).

2.1.1.4. Especies y variedades

Existen numerosas especies silvestres o cultivadas que producen frutos comestibles del género *Fragaria*, que reciben la denominación común de fresa o fresón, y que han dado origen a numerosas variedades, por cultivo o cruzamiento, destacando su amplia distribución en las zonas templadas y subtropicales con una temperatura media anual que varía de 12 °C a 20 °C (Nunes, 2007).

En el Perú existen diversas variedades de fresa, los cuales se han introducido de Estados Unidos, Europa y otras regiones del mundo, pero en la actualidad son cinco las más cultivadas: Chandler (americana), Tajo (holandesa), Sern (Sancho), Aromas y Camarosa, que son también las que más se comercializan en los mercados de Lima (MINAG, 2008).

Para el clima de la costa del Perú se adaptan las variedades de día corto trasplantadas en los meses de abril a mayo, mientras que las de día neutro, pueden ser sembradas durante todo el año, como ocurre con “Aromas” en la actualidad en Huaral. Para la sierra, en valles interandinos y valles abrigados se recomienda las variedades de día corto (MINAG, 2008).

a. Variedades de día corto

La floración se induce cuando la foto período es corto (12 horas de luz) y la temperatura fluctúa entre 14 °C y 18 °C, por lo que se trasplanta generalmente en los meses de abril a mayo. En el país las más difundidas son (MINAG, 2008):

- Chandler, también conocida como “Cañetana”. Originaria de la Universidad de California. Tiene muy buena aceptación en el mercado de consumo en fresco. Los frutos son de forma cónica alargada de color rojo intenso y de tamaño grande. Es de elevado rendimiento, puede tener producción continua desde agosto hasta fines de enero en condiciones de costa y tiene tolerancia al transporte.
- Tajo, conocida también como “Holandesa” y “Cresta de gallo”. Frutos grandes de coloración rojo anaranjada, de forma ligeramente redondeada poco achatada con tendencia a ser lobulada. Es de elevado rendimiento y tolerante al transporte.
- Camarosa: es precoz, de elevado rendimiento durante toda la campaña, presenta frutos grandes de color rojo intenso y brillante en su parte externa, de forma cónica y achatada, tiene buen sabor y firmeza. Por sus mejores características viene reemplazando a la “Chandler” en Estados Unidos.

b. Variedades de día neutro

El fotoperiodo no influye en la floración; la temperatura o la acumulación de horas frío tampoco induce la floración. Tienen la ventaja de producir en contra estación. Entre las más difundidas en nuestro país tenemos (MINAG, 2008):

- Sern: conocida también como “Sancho”. Sus frutos son de forma cónica oblonga, con tendencia a ser achatados de color rojo anaranjado brillante, calibre normal y de dureza bastante consistente, la pulpa muy consistente con corazón lleno. Puede producir en cualquier época del año.

- Aromas: de alta productividad, frutos de buen color y calibre muy consistente. Tiene amplio espectro de tolerancia a cambios de temperatura del medio ambiente. Puede producir en cualquier época del año.

2.1.1.5. Parámetros de calidad de la fresa

La fresa, como cualquier fruto, continúa con un metabolismo activo tras su recolección y los parámetros a tener en cuenta incluyen la apariencia (color, forma, tamaño, ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles, acidez, aroma), y valor nutricional (vitamina C). Se recomiendan niveles de sólidos solubles de 7 % y de acidez de 0,8 %. El cáliz debe presentarse verde y turgente (Cano y Corales, 2014).

a. Respiración

Las fresas se caracterizan por una alta tasa de respiración ($50-100 \text{ mlCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), muy dependiente de la temperatura y tiempo de almacenamiento, estado de maduración, concentración gaseosa, cantidad de etileno, etc. (Almenar, 2005).

b. Pérdida de peso

La fresa presenta una elevada tasa de transpiración, produciendo pérdidas de agua que implican arrugamiento (aspecto envejecido), disminución de peso comercial y descenso de la calidad sensorial, afectando a la apariencia, textura y jugosidad del fruto. En la mayoría de los frutos pérdidas del 5 por ciento del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial. Problema todavía más notable en el caso de la fresa, pues debido a su fina piel no posee una buena barrera exterior con que retener el agua (Cano y Corales, 2014).

c. Color

El color es uno de los parámetros de calidad que más información proporciona sobre la evolución de las fresas, siendo detectable mediante colorimetría (color externo) y espectrofotometría visible (color total). El color externo se mide con los parámetros colorimétricos a^* , b^* , L^* , chroma y ángulo hue, y el color total con la concentración de antocianos, determinados como glucósido 3-pelargonidina, por ser el mayoritario de la fresa, constituyendo el 88 por ciento de los antocianos de la parte externa y el 96 por ciento de la interna (Cano y Corales, 2014; Beltrán, 2010).

d. Firmeza

La firmeza de la fresa se ve afectada en la pared celular y membrana celular, ya que los componentes de la membrana (fosfolípidos y glicolípidos) y de la pared (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta de onda corta; al mismo tiempo la radiación UV-C genera especies reactivas de oxígeno causando estrés oxidativo que afectan la estabilidad (Beltrán, 2010).

Para la realización de las medidas de fuerza existen una gran variedad de posibilidades: penetración, compresión, tensión, etc., de entre las cuales la penetración es la más utilizada en las fresas. Los métodos instrumentales más utilizados son los empíricos, que se fundamentan en someter las muestras a una fuerza y relacionan ésta con el tiempo y con la deformación (Cano y Corales, 2014).

Durante el almacenamiento, factores como variedad, temperatura, tiempo de almacenamiento y concentraciones gaseosas influyen sobre la firmeza. Así, sólo algunas variedades de fresa presentan aumentos de firmeza en presencia de altas concentraciones de CO_2 , otras no sufren modificación. En cambio, independientemente de la

variedad, la disminución de la temperatura genera un aumento en la firmeza de la fresa (Almenar, 2005).

e. Contenido de sólidos solubles

Las fresas, tras su recolección, como continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizan como sustrato los azúcares resultantes del hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección. La disminución en el tiempo de este parámetro depende de los distintos factores relacionados con su conservación, siendo la temperatura y las características del material de envasado los principales. La aceleración de la respiración, es decir, la disminución de los sólidos solubles, se produce en presencia de atmósferas ricas en oxígeno del fruto (Beltrán, 2010).

f. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de post cosecha de la fresa. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura, aumento de CO₂, etc. La poca influencia del CO₂ podría deberse a su transformación en ácido carbónico y posterior disociación en el citoplasma, produciendo cambios de pH absorbidos por la capacidad tampón de los tejidos. Alternativamente, un pH bicarbonatado podría formarse en el interior de las vacuolas, aumentando su valor, aunque estos cambios se neutralizarían por la capacidad tampón de los ácidos orgánicos (Cano y Corales, 2014).

g. Acidez titulable

Según Beltrán (2010), según sea el tejido analizado externo o interno en la fresa, la cantidad inicial de ácido cítrico es distinto y evoluciona de manera independiente. Así, altas cantidades de dióxido de carbono solo producen aumentos de ácido cítrico en el tejido externo, en cambio, otros ácidos como el málico, se incrementan, tanto en el interno como en el externo. Para la venta y comercialización de fresas en condiciones óptimas, se recomienda un valor máximo del 1,2 % de ácido cítrico.

h. Índice de madurez

El índice de madurez es la relación entre el contenido de sólidos solubles y la acidez presente en la fruta. Este parámetro suele ser muy utilizado ya que a medida que la fruta madura el contenido de azúcares aumenta y el contenido de ácidos disminuye (González, 2010).

2.1.1.6. Principales enfermedades en el cultivo de la fresa

El cultivo de fresa, es susceptible al ataque de patógenos. Las infecciones fúngicas son las principales enfermedades que afectan al cultivo de fresa en el campo como en poscosecha. Algunas de ellas conocidas como: Antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum spp.* Manchas foliares, causada por *Mycosphaerella fragariae*; Pudrición de fruta, causada por el hongo *Gnomonia comari*; Oídio, causada por el hongo *Sphaerotheca macularis*; Marchitamiento, causado por el hongo *Fusarium oxysporum*; Pudrición de la corona, causada por *Phytophthora nicotianae* y la podredumbre gris, causada por el hongo *Botrytis cinerea* (Koike *et al.*, 2016).

a. *Botrytis Cinerea*

Según Orellana (2018), es una de las principales enfermedades que aparece como una mancha marrón claro o amarillenta hacia el final del cáliz y a los pocos días cubre de un moho gris, de apariencia polvosa, toda la superficie de la fruta, este patógeno es capaz de afectar el 95 % de los frutos después de 48 horas de cosechados.

El moho gris es considerado como una de las enfermedades más importantes de la fresa. En algunos casos, se han reportado pérdidas del 50 % o más de la producción (Orellana, 2018).

El ciclo de infección de *Botrytis cinerea* se inicia con la dispersión de las estructuras que permitan al hongo seguir desarrollándose. Estas estructuras se dispersan a través del aire, la lluvia o los insectos, hasta entrar en contacto con una superficie vegetal e iniciar su ciclo de infección (Espinosa, 2006).

2.1.1.7. Cultivo de fresa en el Perú

Según MINAG (2008), la fresa (*Fragaria ananassa*) es una especie hortícola que se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América; constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados. El cultivo de la fresa se ha convertido en una actividad productiva a tener muy en cuenta, principalmente en dos regiones, Lima y La Libertad, tanto en lo económico como en lo social. El crecimiento de la actividad es notable por el aumento en los niveles de producción y comercialización de fresa en presentaciones para consumo en fresco, así como en productos procesados diversos.

Dentro de las oportunidades de negocios en el sector agropecuario, el cultivo de la fresa está identificado como una buena alternativa, de modo que, aprovechando la globalización y los tratados de libre comercio, puede acceder a nuevos

mercados, la comercialización de la fresa para el mercado nacional se realiza en los centros de acopio, donde los productores realizan la entrega de su cosecha a los mayoristas y algunos lo hacen directamente al mercado (MINAG, 2008).

2.1.2. Generalidades de la canela (*Cinnamomum cassia*)

2.1.2.6. Sinonimia

Según Luis (2017)

Nombre vulgar: canela de Ceilán, cinamonio

Catalán: canyella

Vasco: kanelondo

Galo: caneleiro

Francés: canelle

Alemán: zimt

Inglés: cinnamon

Italiano: cannella

2.1.2.7. Taxonomía

Según González (2010)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Cinnamomum*

Especie: *C. verum*

Nombre binomial: *Cinnamomum cassia*

2.1.2.8. Características generales de la planta

Según García (2017), es un árbol perenne que alcanza entre 3 a 10 metros de altura, ramaje tetrágono, recubierto de una corteza amarillosa y aromática de sabor dulce y picante, hojas persistentes, oblongas de flores blanco amarillosas

dispuestas en ramas terminales, de aroma rancio; el fruto es una baya, de color azul o negro, en su interior contiene usualmente dos semillas.

La canela o como los antiguos la llamaron, el *cinnamomo*, es una especia muy difusa y utilizada sea en los países orientales que occidentales. Son dos las plantas que proveen este precioso y rebuscado producto, ambas miembros de la familia *Lauraceae* (Luis, 2017).

2.1.2.9. Características botánicas de la planta

Árbol con corteza papirácea bastante gruesa, lisa y pálida perteneciente a la familia de las laureáceas. En su estado silvestre puede alcanzar los 10 metros de altura. Es un árbol de hojas perennes de tamaño moderado, ovadas, con tres nervios bien marcados, acuminadas, de borde liso, aneeladas, verde brillante por encima y ligeramente más pálidas por debajo, de base aguda o redondeada. Peciolos de 1,3 a 2,5 cm de largo, aplanados. Flores hermafroditas amarillas, muy numerosas, cuyo tubo mide 2,5 mm de largo. Frutos morados en baya, de 1 cm de diámetro y de 1,3 a 1,7 cm de largo, oblongo, minuciosamente piculado, seco o ligeramente carnoso, morado oscuro, rodeado por el perianto campanulado ampliado de 8mm de diámetro (Charri y Huamán, 2017).

2.1.2.10. Distribución geográfica

Esta planta es originaria de Ceilán y suroeste de la India. Está presente en climas cálidos, semicálidos, semisecos y templados, entre los 100 y 200 msnm. Cultivado en huertos familiares, solares o presente en terrenos de cultivo abandonados, asociada a vegetación secundaria derivada de bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio,

subperennifolio y perenifolio, además del bosque mesófilo de montaña y bosque de pino (Marca, 2013).

2.1.3. Generalidades de los aceite esenciales

2.1.3.6. Definición

Santiago (2014) indica que los aceites esenciales son conocidos como esencias vegetales, ya que son productos naturales del metabolismo secundario de las plantas.

Se encuentran en forma de pequeñas gotas en el interior de glándulas secretoras de tejidos presentes en raíces, hojas, flores, semillas y frutos.

También las define como mezclas que son de varias sustancias químicas biosintetizadas por plantas, que dan su aroma característico a algunas flores, arboles, frutos, hierbas, especias, semillas y a ciertos extractos de origen animal. Se trata de productos químicos intensamente aromáticos no grasos (por lo que no se enrancian), volátiles por naturaleza (se evaporan rápidamente) y livianos (pocos densos), son insolubles en agua, levemente solubles en vinagre y solubles en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales. Se oxidan por exposición al aire.

2.1.3.7. Funciones de los aceite esenciales

Santiago (2014) refiere que los aceites esenciales en los vegetales cumplen con varias funciones:

Sirven la para la defensa de la planta frente al ataque de parásitos, animales herbívoros e insectos. Ayuda a que el vegetal se adapte frente a cuadros de escasez hídrica. Sirven de camada ya que mediante su aroma atraen a insectos y aves para que se produzca la polinización. Ahuyenta a los insectos perjudiciales.

2.1.4. Generalidades del aceite esencial de canela

2.1.4.6. Composición química

Los principales componentes del aceite esencial (0,5-2 %) de la corteza son: Aldehído cinámico (70 %), eugenol (10 %) (Luis 2017), safrol (0-11 %), linalol (10-15 %), contiene otros fenilpropanoides (aldehído hidroxicinámico, aldehído o-metoxicinámico, alcohol cinámico y su acetato), terpenos (limoneno y α -terpineol) (Marca 2013), alcanfor, β -cariofileno, linalol y cumarinas (Charri y Huamán, 2017).

2.1.4.7. Propiedades farmacológicas

Según Marca (2013), la canela es usado como estimulante, aromático, aperitivo, emenagogo, astringente, carminativo, digestivo, para ayudar a la secreción de jugo gástrico, en el tratamiento de náuseas, vómito, reumatismo, gripe, hipertensión y malestares femeninos. También se le atribuyen propiedades afrodisiacas y acción contra las hemorragias, antirreumática, antiséptica, antidiarreica.

Es antibacteriana y antifúngica. Tiene efecto estimulante tanto en las vías respiratorias como en el sistema cardiaco (Luis, 2017).

2.1.4.8. Composición química del aceite esencial

Los principales componentes del aceite esencial (0,5-2 %) de la corteza son: Aldehído cinámico (50-80 %), eugenol (9- 10 %), safrol (0-11 %), linalol (10-15 %), contiene otros fenilpropanoides y terpenos. Mientras que en las hojas existe un 80 % de eugenol (Marca, 2013).

2.1.4.9. Mecanismo de acción del aceite esencial de canela

El efecto antimicrobiano dura hasta las 24 horas después de la exposición, se da mediante una permeabilidad en la salida de iones de la membrana, resultante de la acción de sus componentes. Éste resulta mayor sobre levaduras que sobre

bacterias; sin embargo al ser comparada con otros aceites, la canela guarda una mayor actividad antimicrobiana (García, 2017).

2.1.4.10. Acción farmacológica

Estudios muestran que el aceite esencial de canela y sus componentes poseen actividad antimicrobiana, insecticida, acaricida, actividad antitirosinasa, antioxidante y antimutagénica (Luis, 2017). Además que se ha encontrado que presenta actividad antifúngica frente a *Aspergillus flavus* a una concentración de 2000 ppm (Charri y Huamán, 2017).

2.1.4.11. Aplicaciones y uso

La corteza, las ramitas hojosas y los frutos inmaduros contienen aceite esencial. La corteza seca es fuente de la importante especia llamada “canela”, también empleada en medicina popular desde el antiguo Egipto, como remedio estimulante, estomáquico, carminativo, antiinflamatorio bronquial y antitusivo. Presenta, entre otros, efectos antidiabético, antioxidante, analgésico, anti-*Trypanosoma cruzi*, antibacteriano, antimicótico y antihelmíntico (Luis, 2017).

2.1.4.12. Toxicidad del aceite esencial de canela

González (2010), menciona que la DL_{50} en la aplicación dérmica fue estimada en 690 mg/kg y la dosis diaria aceptada para el aldehído cinámico fue estimada en 700 ug/kg.

2.1.4.13. Contraindicaciones del aceite esencial de canela

El *Cinnamomum zeylanicum* está contraindicada en el embarazo, lactancia, úlcera gástrica o duodenal, fiebre de origen desconocido, no se debe administrar ni aplicar tópicamente en niños menores de 6 años ni personas con

alergias respiratorias o con hipersensibilidad a la canela (Luis, 2017).

2.1.5. Generalidades de los hongos

2.1.5.6. Definición

Según Carrillo (2003) citado por Santiago (2014) los hongos por sus características particulares han sido agrupados en el reino fungi. Los podemos encontrar en materia orgánica disponible como: madera, estiércol, hojas e incluso sobre otros hongos. Se caracterizan por ser heterótrofos, es decir dependen de otros organismos (vivos o muertos) para su alimentación.

Los hongos constituyen un conjunto heterogéneo de organismos eucariotas, estuvieron clasificados en el reino vegetal hasta 1969 a partir de entonces se considera en su reino cosmopolita con 6400 sub especies de hongos, 13500 originan enfermedades en plantas. La mayoría ocasionan pérdidas y pueden entrar en forma directa e indirecta por aberturas naturales como: estomas, heridas, lenticelas, fisuras radiculares, pelos radicales, ápices de raíz, pared del ovario e indirectamente por heridas.

Son importantes en el mantenimiento de los ecosistemas, principalmente como organismos descompositores, pues permiten el reciclaje de gran cantidad de desechos orgánicos, que luego serán utilizados por otros organismos como plantas y animales.

Forman asociaciones de beneficio mutuo, tal es el caso de las micorrizas, que es la asociación entre las hifas de algunos hongos y las raíces de algunas plantas vasculares. En esta asociación el hongo absorbe carbohidratos de las plantas y estas obtienen del hongo agua y elementos químicos como nitrógeno y fósforo, que son necesarios para su crecimiento.

2.1.5.7. Aislamiento

Walskman (1922) citado por Santiago (2014) menciona que el aislamiento es un método para producir un cultivo puro proveniente de una sola colonia, esto consiste en dejar de crecer el hongo elegido bajo condiciones en las que se puede desarrollar y esporular convenientemente.

Para ello es necesario verter el medio de cultivo, dejarlo enfriar, acidificarlo si es necesario y colocar una pizca del hongo a sembrar.

Se realiza por medio de una aguja o de ansa, ya sea por un simple toque o por rayado continuo. Generalmente para la siembra se usan placas, tubos y frascos.

Después de la siembra se sellas las placas, tubos y frascos, se coloca la fecha y se incuba durante un tiempo conveniente hasta que se vea que el hongo ha crecido y está esporulando.

2.1.5.8. *Botrytis cinerea*

Gonzales (2010) indica que es un hongo capaz de atacar una gran variedad de frutas y hortalizas durante el almacenamiento postcosecha, así como arbustos, flores, árboles y malezas en cultivo. La enfermedad se ve favorecida por condiciones de elevada humedad y baja ventilación. Con algunas excepciones, *Botrytis* ataca principalmente tejidos blandos (flores, pétalos, yemas, plántulas o frutos), tejidos débiles o dañados y tejidos senescentes o muertos

Los ataques de *Botrytis* son frecuentes en cultivos de invernadero, especialmente durante la primavera y otoño cuando las condiciones para el desarrollo del patógeno resultan favorables. El hongo ocasiona daños en los botones florales y yemas, aunque también puede producir otro tipo de problemas como manchas en hojas y podredumbre radicular. Durante el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas, las podredumbres ocasionadas por el *Botrytis* suelen ser muy

importantes y de difícil control, ya que este hongo puede continuar creciendo aún a temperaturas cercanas a 0 °C.

Las lesiones comienzan como manchas firmes, pequeñas, de color amarillento, que rápidamente se expanden formando regiones marrones irregulares de aspecto blando. Luego se cubren de micelio blanco y esporas color grisáceo. A partir de aquí puede continuar su expansión y destruir totalmente el fruto pudiendo eventualmente momificarlo. Los frutos enfermos pueden liberar un elevado número de esporas favoreciendo la diseminación de la enfermedad.

2.1.6. Envases activos e inteligentes

Se entiende como envase activo un sistema que actúa de forma coordinada para mejorar la salubridad y la calidad del alimento envasado aumentando así, su vida útil.

La actividad de estos nuevos sistemas de envasado se orienta a controlar los principales procesos de deterioro que puede sufrir un determinado alimento, tales como oxidación, crecimiento microbiano, entre otros. Así, es posible encontrar distintos sistemas de envasado, los cuales pueden resumirse de la siguiente manera (Galet 2009):
Absorbedores: Son Sistemas que absorben o retienen sustancias indeseables del producto o de su entorno, como Oxígeno (hierro, ácido ascórbico, glucosa – oxidasa), Humedad (sílica gel, arcilla, sales anhídridas), Exudados (celulosa, poliacrilato), Dióxido de carbono (carbonato sódico), Etileno (permanganato de potasio, zeolitas) y Olores (zeolitas). Y los Emisores: sistemas que liberan o emiten sustancias beneficiosas al producto o a su entorno. Entre ellos, Inhibidores de microorganismos (aceites esenciales, ácidos orgánicos, enzimas, iones metálicos), Dióxido de carbono (carbonato de hierro, carbonato cálcico, bicarbonato de sodio), Vapor (gel súper absorbente hidratado, almohadillas) y Aditivos (enzimas, ácidos

orgánicos, vitaminas). Otros sistemas son con efecto térmico, como Envases auto – enfriables, Envases auto – calentables y Susceptores de microondas.

2.1.6.6. Envases activos antimicrobianos

Debido a que el desarrollo de microorganismos es la principal causa de deterioro de los productos frescos, estudios vinculados a la generación de envases activos con capacidad antimicrobiana se encuentran dentro de los más estudiados. Tradicionalmente, para su control se utilizan diferentes sustancias antimicrobianas ya sean aplicadas de manera directa sobre el producto o bien, como complemento o alternativa a las técnicas físicoquímicas de conservación. Sin embargo, la aplicación directa de éstos sobre la superficie del producto mediante pulverización o inmersión puede ser poco efectiva, ya que el agente provoca un efecto limitado sobre la microbiota superficial debido a su rápida difusión al interior del producto. Es así como la incorporación de las sustancias antimicrobianas al envase, ha sido planteada como una alternativa para mantener su actividad en forma efectiva (Ordoñez, 2015).

2.1.6.7. Agentes antimicrobianos de origen natural

Se caracterizan por ser una mezcla compleja de varios componentes de aromas volátiles pertenecientes a diferentes clases de compuestos orgánicos, tales como, hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, esterres, éteres y fenoles (Zekaria, 2007). Los cuales son los responsables del aroma característico de las esencias.

Los componentes activos de los aceites esenciales de cada vegetal pueden ser muy variables en su composición, ya que ésta puede verse afectada por diversos factores como el origen, especie, partes de la planta, condiciones ambientales,

crecimiento y almacenamiento, así como localización geográfica y metodología de extracción. Un ejemplo es la concentración de cinamaldehído en la mezcla de aceites esenciales procedentes de la canela pudiendo variar entre un 60 y 75 %, mientras que, en el caso de derivados del tomillo, como carvacrol y timol, varían entre un 3 y 60 % del total (Zekaria, 2007). Por su parte, se ha determinado que la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales es dependiente tanto de la estructura química de sus componentes como también del tipo de compuesto y proporción en que se encuentren (Burt, 2004).

2.2. Antecedentes

Moreno y Patiño (2010), en su investigación “elaboración de un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante a partir de aceite de orégano (*Origanum vulgare*) aplicado a la ensalada primavera mínimamente procesada de la empresa Defrescura” desarrollaron un recubrimiento comestible antioxidante y antimicrobial con aceite esencial de orégano aplicado en lechuga verde y morada crepas, para lo cual utilizaron como materia prima para el recubrimiento los insumos: pectina, carboximetilcelulosa y gelatina. Los análisis que realizaron a la materia prima fueron de humedad, proteína, carbohidratos, cenizas y tasa de respiración, con el fin de realizar una comparación de sus características iniciales y con los diferentes ensayos de diferentes formulaciones de recubrimiento comestible. La elaboración del recubrimiento se realizó en caliente en una batidora mezclándolo por 15 minutos, para luego dejarla a temperatura ambiente hasta que llegó a 18 °C., en la aplicación de recubrimiento lo realizaron por aspersion con ayuda de un atomizador, logrando así una aplicación más uniforme. Dejándolo secar por 2 horas y almacenada en cajas PET a 5 °C Y 85 % HR. Luego del análisis previo, concluyeron que la mejor concentración de pectina y CMC debe de ser 6 %, en cuanto a la gelatina 5 %. De igual manera concluyeron que el porcentaje mínimo de orégano debería de ser 1 % y 2 % debido a su alta concentración lo cual afectaría las características sensoriales del producto. De acuerdo a sus resultados obtenidos, los tratamientos que presentaron mejor

comportamiento fueron el T₂ (pectina 6 %, gelatina 5 %, aceite de orégano 1 % y agua destilada 88 %) y T₃ (pectina 6 %, gelatina 5 %, aceite de orégano 2 % y agua destilada 87 %).

Según Trejo *et al.* (2015), en su investigación “extracción de aceite esencial de eucalipto y su aplicación como agente antifúngico en un envase activo para conservación de frambuesa”, realizó recubrimientos activos con carboximetilcelulosa y mucilago de nopal lo cuales se emplearon en una concentración de 0.5 % adicionado con 2000 ppm de aceite esencial de eucalipto, los recubrimientos al ser aplicado a las frambuesas fueron sometidos a evaluación para determinar índice de decaimiento, liberación de líquido, capacidad antioxidante y contenido de antocianinas durante 15 días. Las frambuesas y plantas de eucalipto que se emplearon en su investigación fueron adquiridas en la central de abastos y mercado del estado de México. Para la elaboración de los recubrimientos se dispersó carboximetilcelulosa (CMC) y mucilago de nopal al 0.5 % empleando agua destilada, los aditivos como plastificante glicerol anhidro al 1 % y el surfactante Tween 80 a 0.6 % fueron adicionados una vez hidratado el polisacárido, posteriormente se le adiciono aceite esencial de eucalipto como agente microbiano a 2000 ppm.

Aizaga (2017), realizó un estudio denominado “Efecto antifúngico del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) al 25 %, 50 %, 75 % y 100 % sobre *Cándida albicans* ATCC 10231” con el objetivo de determinar el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomun zeylanicum*) sobre *Cándida albicans* ATCC 1023. El aceite esencial de canela fue extraído mediante método de destilación por arrastre de vapor, en concentraciones al 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. La cepa fue sembrada en 16 placas Petri de agar Mueller Hinton a través del Método Difusión en Disco, colocando cada una de las concentraciones en cada placa, con un grupo control positivo (Nistatina) y un grupo control negativo (suero fisiológico), a las cuales se las llevó a incubar a 37 °C, durante 24 horas. Se realizó 16 repeticiones de cada concentración del aceite, obteniéndose 64 tratamientos del grupo experimental. Los resultados demostraron que el aceite esencial de canela al 100 % tuvo un mayor valor en comparación con las otras 3 concentraciones, con un halo de

inhibición promedio de 24,06 mm. Concluyéndose que el aceite esencial de canela al 100% presenta un efecto antifúngico de la *Cándida albicans*, siendo superior a las diferentes concentraciones comparadas.

García (2017), realizó un estudio experimental con el título de “Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *Cinnamomum Zeylanicum* (canela) sobre el *Fusobacterium nucleatum* ATCC 25586” siendo el propósito determinar el efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) frente a *Fusobacterium nucleatum* ATCC 25586. El estudio se desarrolló en los laboratorios de Farmaconogía y en los laboratorios de microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Trujillo. La muestra estuvo constituida por 12 repeticiones por cada concentración de canela y de control (penicilina) para determinar la sensibilidad o resistencia bacteriana y 12 repeticiones por cada concentración de canela y del control para determinar el efecto bactericida. La efectividad de dicho aceite esencial frente a *Fusobacterium nucleatum* ATCC 25586 se determinó a través de la sensibilidad bacteriana mediante la difusión de discos, determinándose los halos inhibitorios de acuerdo a la Escala de Duraffourd y el efecto bactericida mediante la presencia o ausencia de las Unidades Formadoras de colonias (UFC). Los resultados demostraron que el aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* (Canela) posee efecto antibacteriano in vitro frente a *Fusobacterium nucleatum* ATCC 25586.

Cerga (2014), en su investigación “Efecto inhibidor del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) y *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) en diferentes concentraciones en comparación con gluconato de clorhexidina al 2 % frente a cepas de *Enterococcus faecalis*.” Realizó un estudio con el objetivo de determinar el efecto inhibidor de los aceites esenciales de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) y *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) en comparación con gluconato de clorhexidina al 2% frente a cepas de *Enterococcus faecalis*. Los aceites esenciales de dichas plantas se obtuvieron por el método de arrastre por vapor de agua utilizando corteza de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) y botones secos de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) a concentraciones de 1 %, 5 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %.

Para tal efecto se reactivaron los *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) y luego fueron sembrados en placas Petri (15 cm de diámetro) que contenían el medio de cultivo Mueller Hinton con pozos de 6 mm de diámetro donde se vertieron aproximadamente 100 µL de los aceites esenciales comparados con Gluconato de clorhexidina al 2 % como control positivo y Tween 20 como control negativo. Las placas se incubaron a 37°C para comprobar la viabilidad de las bacterias y la esterilidad del medio, se realizó la medición de los halos de inhibición con un calibrador vernier a las 24 y 48 horas. Al realizar las pruebas de sensibilidad in vitro se obtuvo que el aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) en su concentración mínima efectiva (1 %) fue mayor al efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) en su concentración mínima efectiva (25 %). A su vez se observa un efecto antimicrobiano mayor del control positivo Gluconato de clorhexidina al 2 %.

Cáceres *et al.* (2013), realizó un investigación nominada “Actividad Antifúngica in vitro de Extractos Acuosa de Especies contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma spp.*, *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger*” el que tuvo como objetivo evaluar la actividad antifúngica in vitro de extractos acuosa de especias de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) obtenido mediante la técnica de hidrodestilación, contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma spp.*, *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger*. Los resultados obtenidos mostraron que el extracto acuoso la actividad biológica del aceite esencial y oleorresinas de canela (*Cinnamomun zeylanicum*) demostrando la completa inhibición micelial contra *Aspergillus flavus*, *A. ochraceus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium citrium* y *Penicillium viridicatum* a 6 µL. La actividad antifúngica del extracto acuoso de Canela (*Cinammomun zeylanicum*) se pudo determinar a concentraciones de 500 ppm para todos los hongos utilizados en el estudio.

Sánchez y Luján (2013), en la investigación “Efecto antimicrobiano del aceite esencial y del extracto acuoso de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Cándida albicans* y *Streptococcus mutans*” tuvo como objetivo determinar el

efecto antimicrobiano in vitro del aceite esencial y del extracto acuoso de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) sobre *Cándida albicans* y *Streptococcus mutans*. La CMI se determinó a través del método de diluciones en tubos mientras que el efecto antimicrobiano se determinó a través del método de difusión de discos. Los resultados mostraron que la CMI del extracto acuoso y el aceite esencial de canela sobre el crecimiento de la *Cándida albicans*, fue de 1 mg/mL. Así mismo, se halló que la CMI del extracto acuoso y del aceite esencial de la canela sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans* fue 0,8 mg/mL y 1 mg/mL, concluyendo que sólo el aceite esencial de canela tuvo efecto antimicrobiano sobre la *Cándida albicans*.

Marca (2013), realizó un estudio denominado “Actividad antimicótica “in vitro” del aceite esencial *Cinnamomum zeylanicum breyn* “canela” frente a *Cándida albicans* ATCC 6538” en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna - Perú con el objetivo de evaluar la Actividad antimicótica “in vitro” del aceite esencial *Cinnamomum eylanicum Breyn* “canela” frente a *Cándida albicans* ATCC 6538 obteniéndose el aceite esencial mediante destilación por arrastre de vapor utilizando el método de Kirby Bauer para la evaluación antimicrobiana y por dilución en medio líquido se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y por difusión en agar la Concentración Mínima Fungicida (CMF) del aceite esencial obteniéndose el siguiente resultado: *Cándida albicans* presenta alta sensibilidad al aceite esencial. La CMI para *Cándida albicans* fue de 0,01895 mg/mL y la CMF fue de 0,020529166 mg/mL. Se concluye que el aceite esencial de *Cinnamomun zeylanicum Breyn* presenta actividad antimicótica frente a *Cándida albicans*.

García *et al.* (2006), en la investigación “Actividad Antifúngica de Aceites Esenciales de Canela (*Cinnamomum zeylanicum Blume*) y Orégano (*Origanum vulgare L.*) y su Efecto sobre la Producción de Aflatoxinas en Nuez Pecanera”; obteniendo el siguiente resultado: ambos aceites presentaron actividad fungicida in vitro contra *A. flavus*, el aceite esencial de orégano a partir de 1000 ppm y el de canela de 2000 ppm, en medio de cultivo de malta-salagar y un efecto fungistático en 100 ppm. Sin embargo, al evaluar el efecto inhibitorio en la producción de aflatoxinas por *A. flavus* en almendra de nuez

pecanera irradiada, el aceite esencial de canela mostró mayor inhibición que el aceite esencial de orégano, ya que a los 30 días de almacenamiento a 85 % de humedad relativa y 25 °C, las nueces tratadas con 100 y 2000 ppm presentaron estadísticamente la misma concentración de aflatoxinas que las nueces sin inóculo, y en las nueces tratadas con aceite esencial de orégano, solamente en las que se aplicó una dosis de 2000 ppm, hubo inhibición en la producción de aflatoxinas. Concluyendo que tiene actividad fungicida.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Si aplicamos diferentes proporciones de aceite esencial en el envase activo, podremos determinar la mejor actividad antifúngica en la fresa (*Fragaria spp.*)

2.3.2. Hipótesis específicas

- Si evaluamos la influencia del aceite esencial, podremos identificar las propiedades microbiológicas.
- Si analizamos la influencia del aceite esencial, podremos determinar las propiedades sensoriales de la fresa (*Fragaria spp.*).
- Si evaluamos la influencia del aceite esencial, podremos definir las propiedades físicas de la fresa (*Fragaria spp.*)
- Si analizamos la influencia del aceite esencial, podremos definir las propiedades funcionales de la fresa (*Fragaria spp.*)

2.4. Variables y operacionalización de variables

2.4.1. Variable independiente

X₁ = Diferentes proporciones de aceite esencial de canela aplicado en un envase activo.

X₁₀: Fresa control

X₁₁: Fresa con recubrimiento

X₁₂: Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC

X₁₃: Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC

X₁₄: Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC

2.4.2. Variable dependiente

Y₁ = Efecto sobre la inhibición de crecimiento de *Botrytis Cinerea*.

Y₂ = Efecto sobre las propiedades sensoriales y el índice de deterioro.

Y₃ = Efecto sobre las propiedades físico-químicas en sus características.

Y₄ = Efecto sobre las propiedades funcionales en su actividad antioxidante.

2.4.3. Operacionalización de variables

En el Tabla 1 Se muestra la operacionalización de variables a estudiar.

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente:		
X ₁ = Diferentes proporciones de aceite esencial de canela aplicado en un envase activo.	Proporciones	X ₁₀ : Fresa control
		X ₁₁ : Fresa con recubrimiento
		X ₁₂ : Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC
		X ₁₃ : Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC
		X ₁₄ : Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC
Dependiente:		

Y ₁ = Efecto sobre las propiedades microbiológicas.	Efecto de inhibición en <i>Botrytis Cinerea</i>	% de inhibición y Días de incubación.
Y ₂ = Efecto sobre las propiedades sensoriales.	Índice de deterioro	Organoléptico Dureza Peso Pérdida de peso % Color
Y ₃ = Efecto sobre las propiedades físico-químicas.	Características físico-químicas	Potencial de Hidrogeniones, Sólidos totales, Acidez titulable e índice de madurez.
Y ₄ = Efecto sobre las propiedades funcionales.	Actividad antioxidante	Capacidad de concentraciones de DPPH

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio, la investigación fue de tipo Aplicada.

3.1.2. Nivel de investigación

Fue experimental, porque se manipuló intencionalmente las variables independientes; proporción de aceite esencial de canela aplicado en un envase activo para la conservación de la fresa.

3.2. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional

Hermilio Valdizán en el distrito Pillcomarca, provincia Huánuco de la región Huánuco en Perú. Los laboratorios utilizados fueron los de microbiología, físico-químico, análisis sensorial y análisis por instrumentación.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población

Se trabajó con fresas obtenidas de la localidad de Huandobamba en la provincia de Ambo – Huánuco, con criterios principales en cuanto a su estado de madurez semejante, libre de daños físicos, enfermedades e insectos.

Para el análisis microbiológico se tomó de población al hongo *Botrytis Cinerea* que fue empleado para evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Cinnamomum cassia* (canela) al 100 %.

3.3.2. Muestra

Para el análisis microbiológico se contó con muestras aisladas de *Botrytis cinerea* que fueron tratadas con aceite esencial de canela en diferentes proporciones, y con tres repeticiones por tratamiento, notándose así un total de 12 placas para el análisis.

La muestra para la determinar la mejor proporción de aceite esencial de canela aplicado en el envase activo para la fresa estuvo constituida por 3 repeticiones de 5 tratamientos = 15 tratamientos a evaluar.

Con respecto a la muestra de la evaluación microbiológica se tomó 3 placas por 4 tratamientos = 12 tratamientos a evaluar para el criterio microbiológico.

3.3.3. Tratamiento Previo.

La muestra se recubrió con el envase activo.

3.3.4. Unidad de análisis

Se tuvo como unidad de análisis, la actividad antifúngica del aceite esencial de canela sobre la fresa y su concentración óptima que inhibe el crecimiento del *Botrytis cinerea* que lo ataca.

3.4. Tratamientos en estudio

3.4.1. Para determinar la proporción óptima de aceite esencial de canela

En los tratamientos de estudio que se muestra en la Tabla 2: se evaluó la proporción de aceite esencial de canela.

Tabla 2. Tratamientos para determinar la proporción óptima de aceite esencial de canela aplicado en un envase activo para la conservación de la fresa.

Tratamientos	Concentración
T ₀	Fresa control
T ₁	Fresa con recubrimiento
T ₂	Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC
T ₃	Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC
T ₄	Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC

3.5. Prueba de hipótesis

Se evaluó las diferentes proporciones de aceite esencial de canela aplicado en el envase activo para la conservación de la fresa, y se determinó el óptimo a través de las características microbiológicas, sensoriales, físico-químicas y funcionales, de acuerdo a la evaluación se plantearon las siguientes hipótesis.

3.5.1. Diseño de la investigación

3.5.1.1. Evaluación de las características microbiológicas, físico-químicas y funcionales.

El diseño fue experimental, con un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar las características microbiológicas, físico-químicas y funcionales del aceite esencial de canela.

La comparación de tratamientos, se realizó a través de la prueba de Tukey $\alpha = 5\%$

El modelo matemático correspondiente a un DCA (diseño completamente al azar) tiene la ecuación siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : evaluación antifúngica de un envase activo aplicando aceite esencial de canela dada por el j -ésimo proporción óptima de aceite esencial de canela en el i -ésimo tratamiento

μ : la media general

T_i : efecto del i -ésimo tratamiento (proporción óptima)

E_{ij} : Error experimental

3.5.1.2. Evaluación de las características sensoriales.

Para determinar la proporción óptima del aceite esencial de canela para el envase activo aplicado en la fresa se realizó un estudio sensorial. Para lo cual se trabajó con la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación $\alpha = 5 \%$ y su correspondiente prueba de clasificación de tratamientos.

3.5.2. Datos a registrar

En la investigación se registraron los siguientes datos: en la caracterización de la fresa y del aceite esencial de canela al inicio del experimento. También la caracterización sensorial para la fresa recubierta con el envase activo. Y de la misma forma se registraron los análisis de la caracterización microbiológica, físico-química y funcional de los tratamientos de la fresa.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

Para la obtención y registro de datos de las fuentes secundarias se utilizaron fichas bibliográficas, así mismo mediante muestreos e investigación se obtuvieron datos de las fuentes primarias.

3.5.3.1. Técnicas de investigación documental o bibliográfica

- a. **Análisis documental:** Nos permitió el análisis del material a estudiar y precisarlo desde un punto de vista formal y luego desde su contenido.
- b. **Análisis de contenido:** Se estudió y analizó de una manera objetiva y sistemática el documento leído.

c. **Fichaje:** Se usó para construir el marco teórico y la bibliografía de dicho proyecto de investigación.

3.5.3.2. Técnicas de campo

a. **Observación:** Nos permitió recolectar los datos directamente del proceso de recubrimiento para la obtención del envase activo con aceite esencial de canela como agente antifúngico y las evaluaciones microbiológicas, sensoriales, físico-químicas y funcionales.

b. **Instrumento de investigación documental:** Se utilizaron la siguiente:

- **Fichas de investigación o documentación:** Comentario, resumen y combinadas.
- **Fichas de registro o localización:** Bibliográficas, Hemerografías e internet.

c. **Instrumento de recolección de información en laboratorio:** Libreta de apuntes (laboratorio), cámara fotográfica.

d. **Procesamiento y presentación de los resultados:** Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por una computadora utilizando el software Microsoft Office con sus hojas: de texto Word y cálculos Excel. De acuerdo al diseño de investigación propuesto las presentaciones de los resultados se realizaron en cuadros, tablas, gráficos según correspondieron; y para el procesamiento de los datos estadísticos se utilizará el software estadístico SPSS 22.

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Materia prima

Se empleó fresas procedentes del distrito de Ambo en Huánuco y que fueron adquiridas en la localidad de Huandobamba, zona donde se cosecha a mayor escala la fresa en la región Huánuco. Los frutos provendrán de un mismo campo de cultivo, en un estado de madurez visual del 75 por ciento; lo cual significa que las tres cuartas partes de la superficie del fruto deberán de ser color rojo; según lo recomendado por Escalante (2015).

La cepa *Botrytis cinerea* se obtuvo aislándolo de un cultivo infectado. El aceite esencial de canela (*Cinnamomum cassia*) se obtuvo de la empresa NUA Productos Amazónicos & Esencias, la cual expidió un certificado de pureza. El transporte y la conservación del aceite se realizaron siguiendo el protocolo expedido por la empresa NUA Productos Amazónicos & Esencias.

3.6.2. Materiales de laboratorio:

Algodón, asa de siembra, cubetas de 1.5 mL, cuchilla o bisturí, film, fiolas, gasa, gotero, gradilla para tubos de microcentrifuga de 2 mL, hisopo, matraz erlenmeyer, mechero bunsen, papel tizú, pinzas, pipeta 5ml, pipeta graduada de 1-10ml, placas Petri 100 mm diámetro, probeta de 500ml, puntas de 1000 uL, puntas de 200 uL, regla pie de rey, sacabocado, tubos de microcentrifuga de 2mL, vaso de 50ml, vaso precipitado de 100mL, 250mL y 400mL.

3.6.3. Equipos

Autoclave, JP SELECTA S/M; Balanza analítica, AND HR-250A2, Colorímetro, Lovibond 2000 TK-102; Espectrofotómetro, Genesys 610S UV-V15; Estufa, Ovens S/M; Incubadora de cultivo, INCUCEL S/M; Licuadora eléctrica, Oster S/M, Microcentrifuga, Opendorf S/M; Microscopio trinocular, Laica S/M; Ph-metro, Metrohn 827PHlab; Refractómetro, MilwauKef MA871; Texturometro, Brookfiel CT325K.

3.6.4. Insumos

Pectina (E440i), Gelatina (E428), Agua destilada, peptona y Cultivo microbiológico (PDA)

3.6.5. Reactivos

Metanol, DPPH, Fenolftaleína 0.1 % e Hidróxido de sodio al 0.1 N

3.7. Conducción de la investigación

El presente trabajo de investigación, fue enfocado en la evaluación de la actividad antifúngica de un envase activo en la fresa basado en la aplicación de diferentes proporciones de aceite esencial de canela, evaluando propiedades microbiológicas, sensoriales, físicas y funcionales tales como se muestran en la Figura 1.

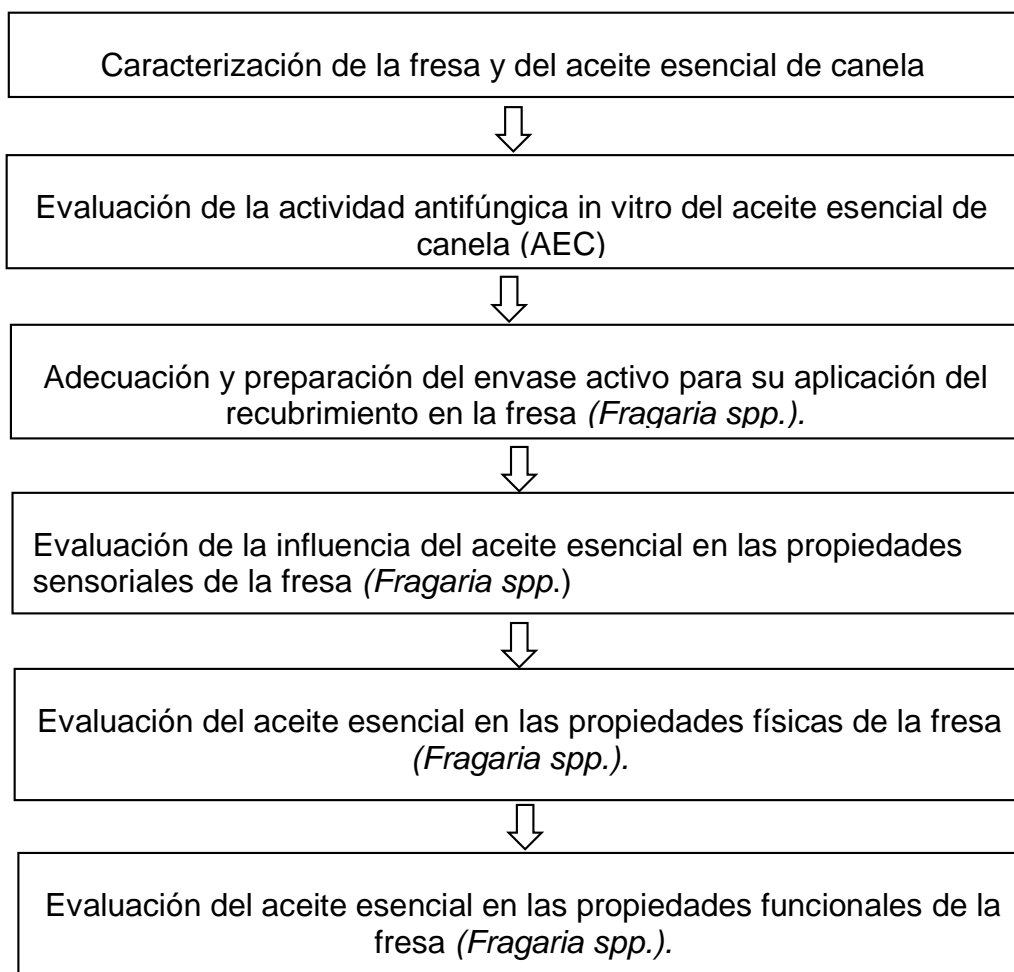


Figura 1. Esquema experimental para la conducción del trabajo de investigación.

3.7.1. Caracterización de la fresa y de la canela

3.7.1.1. Caracterización de la materia prima

Se evaluaron los sólidos solubles, índice de madurez aroma, calibre y pH de la fresa contrastando con parámetros por Normas Técnicas (NTC 4103).

En el aceite esencial se realizaron análisis físicos como rendimiento, densidad relativa, índice de refracción y pH (expuestos en el anexo 16)

3.7.2. Evaluación de la actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de canela (AEC)

3.7.2.1. Aislamiento y purificación de *Botrytis Cinerea*

a. Recolección del material vegetal

Se recolectaron frutos de *Fresa spp.* infectados con síntomas y signos de *Botrytis cinerea*. Posteriormente, estos fueron llevados al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán para su respectivo aislamiento.

b. Preparación del medio de cultivo

En esta operación se preparó el medio nutritivo (PDA) que fue utilizado como alimento para el *Botrytis cinerea*. Una vez preparado el PDA se procedió a esterilizarlo y posteriormente se plaqueó en las placas Petri previamente esterilizadas.

c. Preparación del caldo peptonado

En esta fase se elaboró el caldo peptonado que sirvió para poder realizar la dilución de la muestra de la fresa momificada, de la cual obtendremos el microorganismo a analizar (*Botrytis cinerea*), para ello necesitaremos agua destilada y peptona los cuales diluiremos hasta formar una mezcla homogénea.

d. Diluciones sucesivas

Este método consiste en una serie de diluciones simples que amplifican el factor de dilución rápidamente, comenzando con una pequeña cantidad inicial de muestra (fresa momificada), el cual fue cortado en trozos (10g.) y tratado con agua destilada e hipoclorito de sodio para limpiarlo y eliminar restos de suciedad, después se procedió a colocarlos en el Erlenmeyer que contenía el caldo peptonado (90mL), agitó con ayuda de una bagueta y se dejó por un tiempo en reposo.

- Con una pipeta estéril se incorporó 9 mL de caldo peptonado estéril a cada tubo de ensayo (9 tubos) y se rotuló respectivamente.
- Con ayuda de una pipeta limpia se extrajo 1 mL de solución inicial (caldo peptonado + trozos de fresa momificada) y se introdujo al primer tubo y se homogenizó bien.
- Posteriormente se transfirió 1 mL del primer tubo de la primera dilución al segundo tubo con 9mL de caldo peptonado y así sucesivamente hasta completar una serie de nueve tubos (1×10^{-1} , 1×10^{-2} , ..., 1×10^{-9}).
- De las diluciones 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} , con ayuda de una pipeta se tomó 0,1 mL de muestra de cada dilución el cual se depositó en placas Petri previamente acondicionadas con el medio de cultivo PDA (placas por triplicado por cada tubo de ensayo) y luego se procedió a roturarlas respectivamente e incubarlo por 48 horas a 25°C.

e. Incubación

Una vez rotuladas las muestras según los tubos de ensayo de las cuales se obtuvieron las alícuotas, se procedió a colocarlas en una incubadora por un tiempo de 48 horas a 25°C. Luego de observar un crecimiento significativo se retiró

la placa Petri de la incubadora, acto seguido se realizó una evaluación macroscópica y microscópica.

f. Siembra por estrías

Una vez observado las características morfológicas, se sembraron en nuevas placas con el mismo medio de cultivo y con ayuda de un asa de siembra, se realizaron estrías en una fase, posteriormente se procedió a sellarlas con film y roturarlas.

g. Incubación

Se procedió a colocarlas en una incubadora por 48 horas a una temperatura de 25°C. Luego de observar un crecimiento significativo se retiraron las placas de Petri de la incubadora y se realizó una evaluación macroscópica de los microorganismos que hayan crecido.

h. Purificación y aislamiento de *Botrytis*

Esta etapa consistió en repicar una y otra vez con el asa de siembra en placas con medios de cultivo enriquecido y acondicionado (PDA) hasta obtener una especie pura.

i. Identificación de la especie de *Botrytis*

Después de purificado del microorganismo y transcurrido un tiempo significativo se procedió a identificarlo con ayuda de un microscopio y las claves de Barneth. A partir de ello se determinó la especie de *Botrytis* observando su estructura celular con el microscopio.

Procedimiento manifestado por Santiago (2014).

3.7.2.2. Evaluación de la eficacia antifúngica del aceite esencial de canela a través del ritmo promedio de crecimiento

a. Adición del aceite esencial

Antes de realizar la inoculación de los nódulos con los que microorganismos se procedió a aplicar con apoyo de una micro pipeta las concentraciones de aceite esencial en los medios mediante cada tratamiento, acto seguido se procedió a plaquear sellar y rotular cada placa según el porcentaje de concentración en parte por millón de aceite esencial aplicado.

b. Extracción de nódulos del microorganismo purificado

Se extrajeron con ayuda del sacabocado nódulos del microorganismo purificado que se colocaron con el asa de siembra al centro de nuevas placas asépticas a las que previamente se les plaqueó con medio de cultivo PDA y se les señalaron los radios con plumón indeleble.

c. Incubación

Las placas se llevaron a incubación por 25°C hasta iniciar la medición de crecimiento

d. Evaluación del ritmo promedio de crecimiento

Se midió diariamente el ritmo de crecimiento hasta que las colonias llegaron a cubrir la placa completamente.

e. Evaluación macroscópica y microscópica

Se realizó una evaluación macroscópica y microscópica después de aplicado cada una de las concentraciones de aceite esencial para evaluar la estructura del microorganismo. Una vez concluida las mediciones se determinaron las dos concentraciones que presentaron un mayor grado de inhibición de crecimiento de *Botrytis cinerea*, para poder aplicarlas después de la cosecha de la fresa.

3.7.3. Adecuación y preparación del envase activo para su aplicación del recubrimiento en la fresa

La fresa como materia prima de evaluación fue cosechada y seleccionada de la localidad de Huandobamba en el distrito de Ambo, región Huánuco. Los cuales tuvieron un estado de madurez semejante, libre de daños, enfermedades e insectos.

Se realizó su posterior adecuación antes de ser recubierta, y es así que se procedió a ser seleccionada y clasificada según tamaño de tal manera que se obtuvieron muestras de similar tamaño, peso y apariencia.

Para la preparación del envase activo se utilizó los porcentajes de: pectina 6 %pp, gelatina 5 %pp, y agua destilada 88 %pp siendo esta la formulación más óptima mencionada en la investigación de Moreno y Patiño (2010).

3.7.3.1. Recepción

La materia prima fue trasladada al laboratorio de investigación de la carrera de ingeniería Agroindustrial, procedente de la localidad de Huandobamba, almacenándose a una temperatura de 5°C, tratando de conservar el fruto y así no obtener pérdidas del material en estudio.

3.7.3.2. Selección y clasificación

La materia prima que no cumplía con el grado de aceptabilidad para el procesamiento, fue descartado, estos debido a estar dañados ya sean por daños mecánicos, coloración manchada o por contaminación. Se clasificaron teniendo en cuenta el grado de madurez, forma y tamaño.

3.7.3.3. Preparación del envase activo

Previo a la preparación del envase activo, se pesaron los insumos, siguiendo una formulación para una solución de medio litro: agua 0,5 L, pectina 0,018 Kg. y gelatina

0,015 Kg. para cada tratamiento, siendo estos de acuerdo a las proporciones de aceite esencial de canela. Se utilizó un vaso precipitado de capacidad de 0,8 L. como recipiente que sobre un agitador vortex se calentó para realizar la mezcla homogéneamente, iniciando con la mezcla de la gelatina junto con el agua y posteriormente cuando llega a 50 °C, se añadió la pectina, esto para evitar ciertos grumos en la solución. Mezclándolo con la bureta se homogenizó durante 15 minutos, para evitar alguna creación de sedimentos en la base del recipiente.

3.7.3.4. Enfriamiento.

Las mezclas se dejaron a temperatura ambiente durante 20 minutos hasta llegar a 18 °C.

3.7.3.5. Aplicación del envase activo.

La aplicación del envase activo a las fresas se realizó por inmersión para así lograr que sea más uniforme el recubrimiento.

3.7.3.6. Secado.

Se realizó por un espacio de dos horas a 20 °C

3.7.3.7. Empacado.

Las fresas se empacaron en cajas plásticas transparentes de (PET), rotulándose cada tratamiento con los siguientes códigos: T0, T1, T2, T3 y T4.

3.7.3.8. Almacenamiento.

Las muestras fueron almacenadas a una temperatura de refrigeración de 5 °C y humedad relativa del 85 %. Durante su almacenamiento en refrigeración se evaluaron los parámetros de calidad.

3.7.4. Evaluación de la influencia del aceite esencial en las propiedades sensoriales de la fresa

3.7.4.1. Organoléptica: La evaluación sensorial se realizó con el fin de analizar el índice de deterioro en los 12 días de evaluación, al inicio de la experimentación con cada uno de los tratamientos es donde se realizó un estudio discriminante - ordenatorio de las cualidades sensoriales de estos, se realizó referente al olor, sabor, color y brillo manejando una escala hedónica de cinco puntos donde el número "1" era la calificación más baja y el número "5" la calificación más alta, de acuerdo a los diferentes parámetros que se mencionan en cada uno de los referentes. Por último, se dejó un espacio para las observaciones que el consumidor creyera son convenientes. Tal como se menciona en el anexo 1.

La evaluación fue realizada en un lugar con buena iluminación, libre de olores extraños y en bancas individuales con un panel de 20 evaluadores no entrenados, con un rango de edad de 15 a 45 años o más. Las muestras fueron servidas en platos desechables procurando que todos tuvieran la misma cantidad de unidades, identificadas respectivamente con el código de cada tratamiento.

3.7.4.2. Dureza: previamente se cortaron por la mitad cada fresa, obteniendo así dos caras para su análisis, en la determinación de este parámetro se utilizó un analizador de textura con una sonda metálica de 4 mm de diámetro y una deformación de 10 mm sobre una de las caras en la zona media de cada fruto. Los resultados se expresaron en g.

3.7.4.3. **Pérdida de peso porcentual:** se determinó tomando el peso inicial y el peso final, expresando los resultados en porcentajes mediante la siguiente ecuación.

$$\%PP = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.7.5. Evaluación del aceite esencial en las propiedades físicas de la fresa

Las pruebas físico-químicas realizadas para este estudio se hicieron en base a las normas AOAC (Métodos Oficiales de Análisis, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) por triplicado a cada uno de los diferentes tratamientos, con el fin de evaluar cuál de los tratamientos presentó las mejores características y una mayor efectividad.

Las pruebas realizadas fueron:

3.7.5.1. **Acidez titulable.** El % de acidez se cuantificó por volumetría, titulando el sobrenadante con NaOH 0,1N y fenoltaleina como indicador. La acidez titulable de la muestra se expresó como el porcentaje en peso del ácido predominante que se encuentra en el fruto troceado. Se midió la acidez titulable por el método potencio métrico de la AOAC (2005), triplicado por cada muestra y se expresó en porcentaje.

$$\%Acidez = \frac{(\text{Gasto de NaOH})(\text{Normalidad})(\text{Factor de Acidez})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

3.7.5.2. **pH:** Se pesaron 10 g de la fruta por unidad experimental de cada tratamiento, que fue homogenizados en 100 mL de agua destilada. Se realizó la lectura directa de la solución con un pHmetro, previamente ajustado con soluciones patrón de pH 4 y 7 (A.O.A.C., 1995).

3.7.5.3. **Sólidos solubles.** Se determinó el contenido de sólidos solubles, empleando un refractómetro Hanna de escala 0,1- 85 Brix, triplicado por cada muestra con previa calibración empleando agua destilada. Se realizó por el método de la AOAC (2000) y los resultados se expresaron en °Brix.

3.7.5.4. **Índice de madurez.** El índice de madurez se determinó con la relación entre los sólidos totales en suspensión (°Brix) y el porcentaje de Acidez.

3.7.6. Evaluación del aceite esencial en las propiedades funcionales de la fresa

Se evaluó la actividad antioxidante en la fresa

3.7.6.1. Método DPPH

a. Preparación del radical DPPH

Se pesó 3.9 mg del radical aforado DPPH puro, previamente tarado y protegido contra la luz. Se enrasó con metanol en una fiola de 10 mL. La solución se colocó en un sonicador durante 20 min hasta que se logró una adecuada disolución, y se le puso a refrigerar a 5.5 °C por 6 horas.

b. Actividad antioxidante.

La muestra a evaluar se trozó, cortaron y aplastados hasta realizar una muestra líquida, la muestra se enrasó en el microtubo hasta el indicativo de 0,5 g y luego se pesó. Después de pesar todas las muestras a evaluar, se enrasaron con metanol hasta el indicativo de 1,5 g, para luego agitarlo durante 30 minutos. Transcurrido el tiempo se dispuso a centrifugar durante 5 minutos a 9000 RPM en la Microcentrifuga. En seguida con la ayuda de la micropipeta graduada en 20 uL, se procedió a adicionar en los siguientes microtubos para realizar la

disolución a un factor de 50, se añadió 20 uL de muestra centrifugada + 980 uL de metanol, el cual será la muestra diluida por 3 réplicas. De cada una de las muestras por factores de dilución se succionaron con la micropipeta 50 uL de muestra + 950 uL de DPPH, se dejaron reposar por 20 minutos en un ambiente lejos de la luz, posterior se adicionó en las cubetas de poliestileno de 1,5 ml, finalmente se leyó la absorbancia a 517 nm. Esto mismo se hizo para todas las muestras.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de la fresa y del aceite esencial de canela

4.1.1. Caracterización de la fresa

El análisis fisicoquímico conformó la determinación del peso, largo, diámetro, dureza, color, humedad, sólidos solubles, pH, acidez titulable y capacidad antioxidante. Dichos resultados muestran que estos permanecen dentro de los parámetros de normalidad. Por lo que la composición que se determinó es la adecuada y permitió el proceso experimental.

Tabla 3. Resultados físicos de la fresa

Peso(g)	Largo(mm)	Diámetro(mm)	Dureza(N)	Color		
				L*	a*	b*
28,5±0,7	44,7±0,3	34,7±0,5	802,0±172,3	30,4±1,6	31,6±2,1	21,2±1,1

La fresa tratada para la investigación, se encuentra en entre un color 5 y color 6, según la Figura 4 de la NTC 4103.

Según los resultados obtenidos, la fresa evaluada se encuentra en calibre A, por presentar valores mayores al peso promedio 21,8 g y diámetro mayor a 34 mm, según la Tabla 3 de calibres de la fresa consignada en NTC 4103.

Tabla 4. Resultados fisicoquímicos de la fresa

Humedad	°Brix	pH	Acidez titulable	Índice de madurez	Cap. Antioxidante
91,4±0,5	10,63±0,81	3,45±0,09	1,10±0,08	9,96±1,22	392,98±46,11

El índice de madurez con respecto a la tabla de color según la NTC 4103, presenta un valor permitido, considerándose como mínimo 8,9 en dicha tabla.

4.1.2. Caracterización del aceite esencial de canela

Se realizó un análisis característico al aceite esencial de canela, mediante normas técnicas citadas en el anexo 18.

Tabla 5. Resultados fisicoquímicos de la canela

Rendimiento	Índice de refracción	Densidad (g/mL)	pH
0,82 ± 0,084	1,6035 ± 0,002	0,94 ± 0,012	5,4 ± 0,23

La densidad reportada se encuentra dentro de los parámetros permitidos, lo que hace referencia que se está trabajando con un aceite esencial de calidad.

4.2. Evaluación de la influencia de las diferentes proporciones de aceite esencial en el efecto de la inhibición de *Botrytis cinerea*.

Según revisiones bibliográficas, el hongo con más influencia sobre las fresas es el *Botrytis cinerea*, no obstante se logró aislar este patógeno, a pesar de la presencia de otros como *Aspergillus* y *Penicillium* que de igual manera se desarrollaron a condiciones de un ambiente húmedo durante el trabajo en laboratorio, por lo que se puede inferir que estos patógenos se desarrollan comúnmente en la fresa de esta región.

Los aislamientos del hongo se seleccionaron con uso de cultivo PDA y claves taxonómicas, presentaron características morfológicas y de crecimiento de *Botrytis cinerea*. La fisiología del micelio resultó ser observada con conidios y conidióforos, delgados, lisos y con formas ovoides en las ramas, de color

ámbar. Se presentaron características claras en una fase inicial de las colonias que al transcurrir el tiempo cambiaron a oscuro. También de un olor característico a humedad.

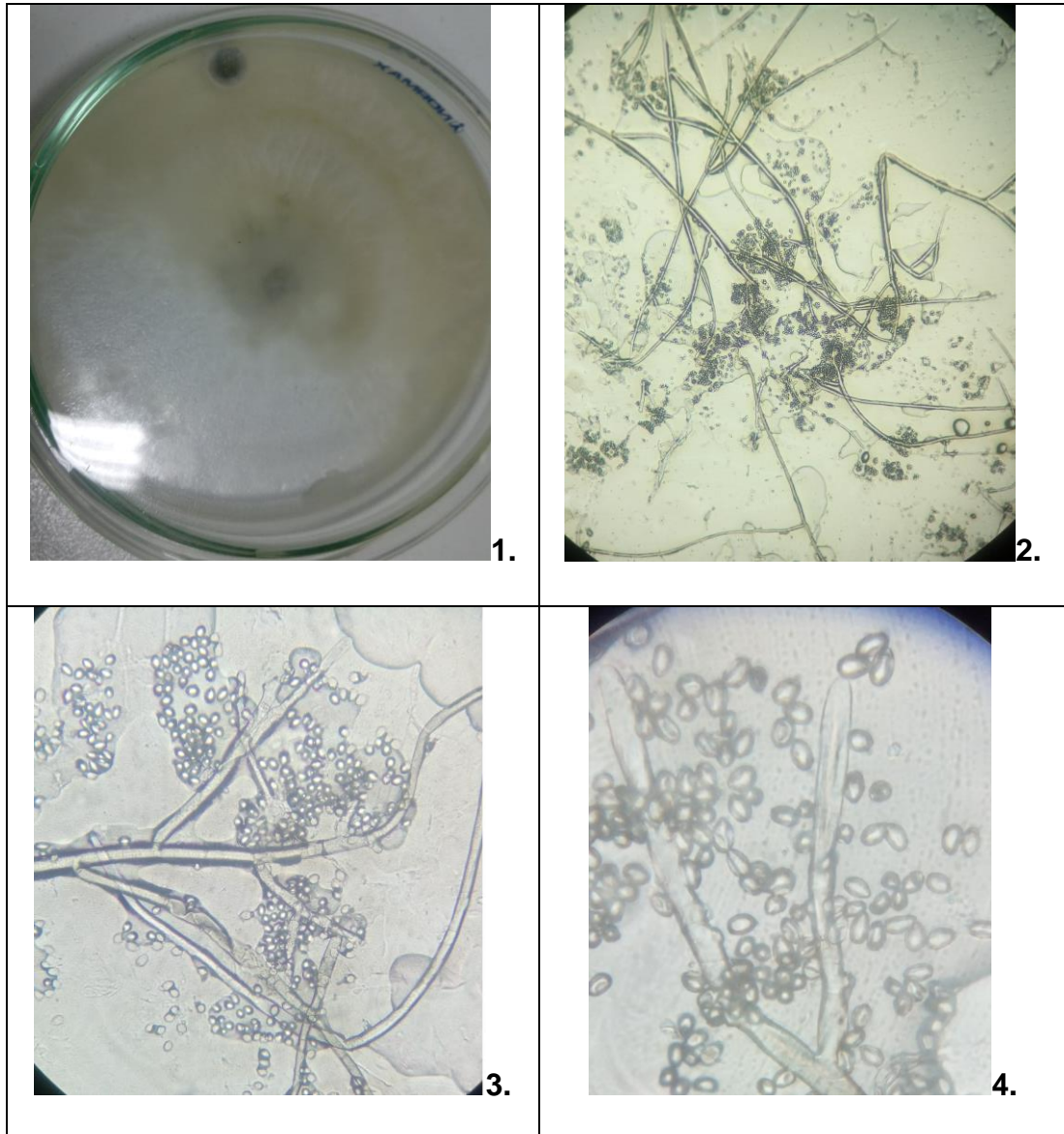


Figura 2. Cultivo y examinación microscópica del hongo *Botrytis cinerea*, 1. Vista macroscópica, 2. Vista a 100x, 3. Vista a 2000X, 4 vista a 10000X

4.2.1. Actividad antifúngica del aceite esencial de canela sobre el crecimiento

Los resultados de esta prueba se identificaron de acuerdo al crecimiento de los halos durante días de almacenamiento en una incubadora a 32°C. Se pueden ver los resultados en los anexo 3 y las muestras fotográficas en el anexo 16.

En la Tabla 6 se aprecia que los tratamientos con 200 ppm y 300ppm de aceite esencial de canela tienen un menor ritmo promedio de crecimiento del microorganismo, siendo este casi nulo, representando el 1,1 % y 0,8 % respectivamente en crecimiento fúngico. El crecimiento reportado por el tratamiento con 100ppm representó un promedio de 0,69 cm/día, alcanzando este el 83,6 % de crecimiento total.

Tabla 6. Resultado del crecimiento según las concentraciones de aceite esencial aplicado

Tratamientos	Radio de crecimiento (cm)			
	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	1,65±0,10 ^a	2,73±0,33 ^a	2,75±0,13 ^a	2,25±0,30 ^a
T ₁ : F_100	1,48±0,35 ^a	2,42±0,25 ^a	2,48±0,32 ^a	1,98±0,15 ^a
T ₂ : F_200	0,30±0,05 ^b	0,52±0,03 ^b	0,38±0,06 ^b	0,17±0,08 ^b
T ₃ : F_300	0,25±0,09 ^b	0,38±0,19 ^b	0,27±0,29 ^b	0,07±0,08 ^b

Medidas con diferente letra son significativamente diferentes (p<0,05)

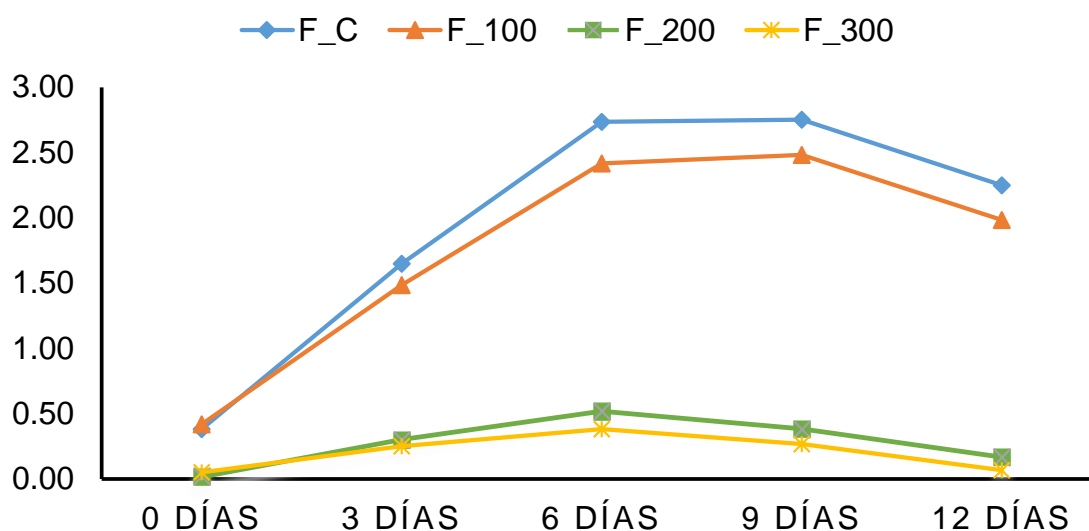


Figura 3. Variación del crecimiento del halo en cm por día durante 12 días, a diferentes tratamientos.

Según la Figura 3, se muestra el ritmo del crecimiento en el hongo desde su fase de adaptación hasta su fase de decadencia. Diferenciados según los tamaños de halos, debido a la presencia en proporciones de aceite esencial de canela sobre el *Botrytis Cinerea*.

4.2.2. Tamaño del halo de *Botrytis cinerea*

Los resultados de esta prueba se identificaron de acuerdo al tamaño de los halos durante los 12 días de almacenamiento en una incubadora a 32°C. Se pueden ver los resultados en el anexo 5.

Tabla 7. Resultado del tamaño en el halo según las concentraciones de aceite esencial aplicado

Tratamientos	Tamaño de halo (cm)			
	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	2,03±0,08 ^a	4,77±0,28 ^a	7,52±0,25 ^a	9,77±0,25 ^a
T ₁ : F_100	1,90±0,40 ^a	4,32±0,15 ^a	6,80±0,20 ^a	8,78±0,32 ^b
T ₂ : F_200	0,32±0,03 ^b	0,83±0,06 ^b	1,22±0,06 ^b	1,38±0,03 ^c
T ₃ : F_300	0,30±0,10 ^b	0,68±0,20 ^b	0,95±0,49 ^b	1,02±0,57 ^c

Medidas con diferente letra son significativamente diferentes (p<0,05)

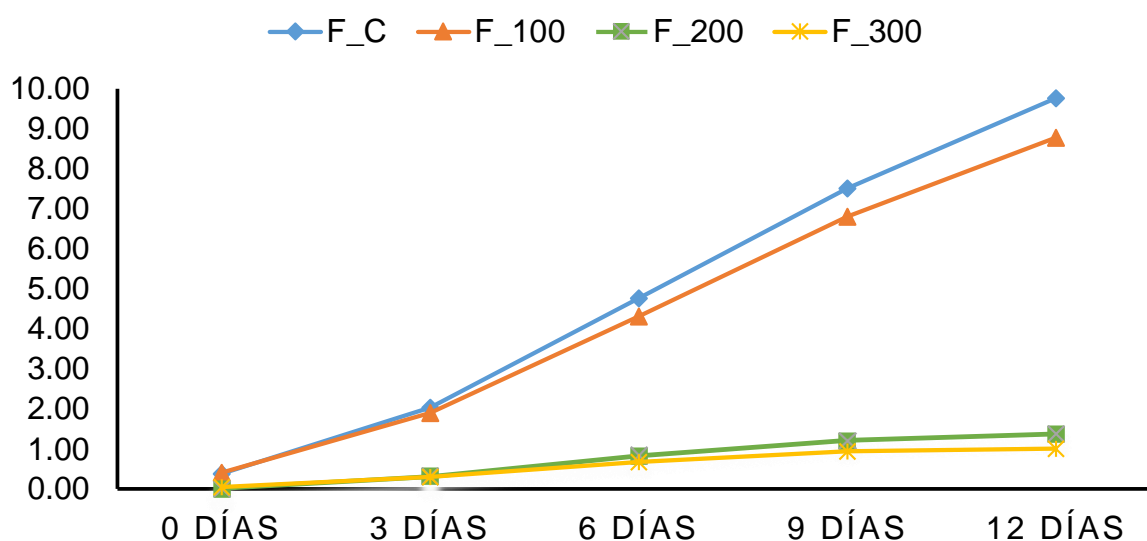


Figura 4. Variación del tamaño del halo durante 12 días, a diferentes tratamientos.

En la Tabla 7 y la Figura 4, se muestra las diferencias significativas de los tratamientos con 200 y 300 ppm, con respecto al tratamiento control. Resultando que crecieron 1,38 y 1,02 cm respectivamente hasta el doceavo día de análisis.

Mostrándose así que la aplicación del aceite esencial de canela sobre el *Botrytis cinerea*, es eficaz.

4.3. Evaluación de la influencia de las diferentes proporciones de aceite esencial en las propiedades sensoriales de la fresa (*Fragaria spp.*)

4.3.1. Evaluación organoléptica

Los resultados del análisis organoléptico del envase activo sobre la fresa, donde se aplicaron diferentes proporciones de aceite esencial de canela 100, 200 y 300 ppm, se muestran en el anexo 5.

Tabla 8. Resultados de la evaluación organoléptica del envase activo sobre la fresa.

Tratamientos	Atributos sensoriales			
	Brillo	Color	Olor	Sabor
T ₀ : F_C	2,80±0,41 ^b	3,20±1,01 ^a	3,70±0,80 ^a	3,60±1,31 ^a
T ₁ : F_Rc	3,70±0,92 ^a	4,00±0,79 ^a	3,60±0,82 ^a	3,80±0,89 ^a
T ₂ : F_Rc_100	3,50±1,15 ^{ab}	3,90±0,72 ^a	3,60±0,68 ^a	3,80±0,62 ^a
T ₃ : F_Rc_200	4,00±0,79 ^a	3,70±1,30 ^a	3,20±1,01 ^a	3,30±0,80 ^a
T ₄ : F_Rc_300	3,90±0,85 ^a	3,80±1,01 ^a	3,50±1,24 ^a	4,00±1,21 ^a

Medidas con diferente letra son significativamente diferentes (p<0,05)

En cuanto al “brillo”, los tratamientos con proporciones 100 y 200 ppm de aceite esencial de canela, forman un grupo estadístico homogéneo por lo que no se presentan diferencias significativas (p<0,05) entre los tratamientos, al

llegar a la proporción 300 ppm los panelistas percibieron un incremento del brillo significativamente, en comparación a los otros. Con respecto al atributo “color”, no se encontraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300, conforme se disminuyó el grado permisivo en los tratamientos F_C y F_Rc significativamente. Para el atributo “olor” se percibió una mejor aceptación para el tratamiento F_C por demostrar un aroma propicio a la fresa en su estado natural. El atributo “sabor” obtuvo un mejor acogimiento el tratamiento F_Rc_300.

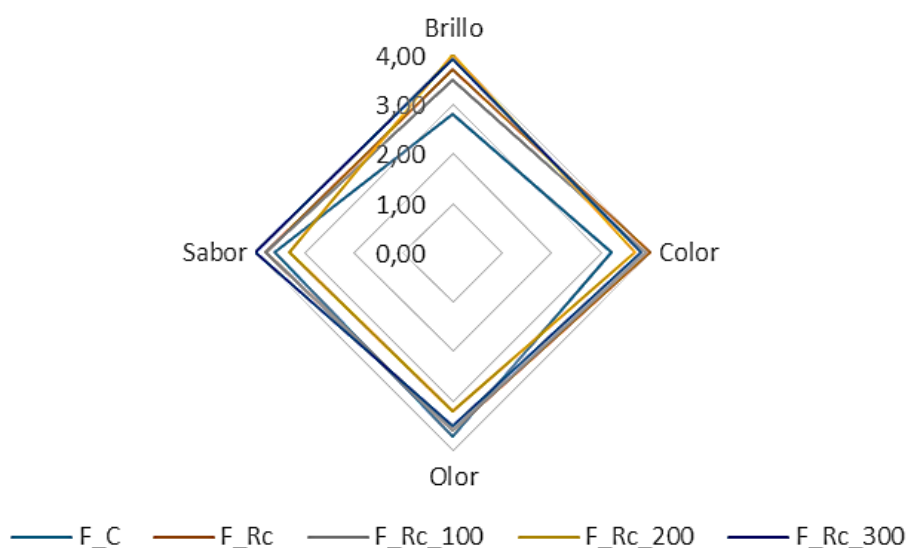


Figura 5. Evaluación sensorial de la eficacia del envase activo sobre la fresa con diferentes proporciones de aceite esencial en ppm.

En la Figura 5, se muestra la gráfica del perfil sensorial, donde se señala la tendencia hacia los ejes radiales (mejores puntuación según la escala hedónica) en donde se refleja el mejor acogimiento de percepción de los tratamientos a cada atributo. Con respecto al atributo Brillo, el tratamiento F_Rc_200 tuvo mejor puntaje, F_Rc_100 tuvo mejor puntaje en el atributo color, para Olor el tratamiento control y en respectiva para la característica sabor, el tratamiento F_Rc_300 obtuvo mejor puntaje.

4.3.2. Dureza

En el anexo 6, se muestran los resultados de la variación de la dureza (N), según los tratamientos. En la Tabla 9, muestra que durante el tiempo de

almacenamiento se observó un ablandamiento progresivo en la textura del fruto de la fresa en los tratamientos F_Rc_200 y F_Rc_300, caso contrario se mostró en el tratamiento control F_C que desarrollo un descenso drástico a los 3 días de evaluación y que luego ascendió durante los días hasta llegar siendo uno de los tratamiento con mayor firmeza a los 12 días de evaluación, los tratamientos F_Rc y F_Rc_100 sufrieron un cambio disperejo a los anteriores que luego de presentar ablandamientos hasta el 6to día de evaluación, remontó su firmeza al 9no día y terminaron con un descenso a los 12 días; notándose que el tratamiento F_Rc_200 presentará una mayor firmeza a los 9 días. De acuerdo a un análisis de varianza señalan diferencias significativas, con forme al paso de los días con respecto del tratamiento control.

Tabla 9. Resultados de la dureza de la fresa con el base activo a diferentes proporciones de AEC.

Tratamientos	Dureza(N)				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	802,0±172,3 ^a	346,3±208,9 ^a	510,7±165,3 ^a	613,0±190,9 ^{ab}	778,0±161,6 ^a
T ₁ : F_Rc	850,2±120,4 ^a	511,0±130,1 ^a	404,0±141,2 ^a	762,67±64,0 ^a	494,0±229,3 ^{bc}
T ₂ : F_Rc_100	760,7±169,3 ^a	562,7±227,4 ^a	453,3±225,6 ^a	625,0±101,4 ^{ab}	633,7±174,9 ^{ab}
T ₃ : F_Rc_200	798,5±179,9 ^a	515,7±131,5 ^a	446,7±108,7 ^a	440,3±101,0 ^{bc}	207,3±100,2 ^c
T ₄ : F_Rc_300	816,0±129,9 ^a	467,0±122,5 ^a	465,0±124,3 ^a	362,0±92,9 ^c	294,3±76,4 ^c

Medias con letra diferente son diferente según prueba Tukey (p<0,05)

En la Figura 6, se muestra la discrepancia de la dureza de la fresa, según tratamientos y durante su conservación en refrigeración, la dureza torna en reducir conforme pasan los días; no obstante, los tratamientos F_Rc_200 y F_Rc_300 presentan una disminución menor contraria a los demás tratamientos. Lo que esto viene a reflejar que la conservación de la dureza se puede dar a factores del envase activo y de la mayor proporción de aceite esencial de canela. Que a mayor concentración de aceite esencial, se tenderá a presentar una disminución de la firmeza conforme pasen los días.

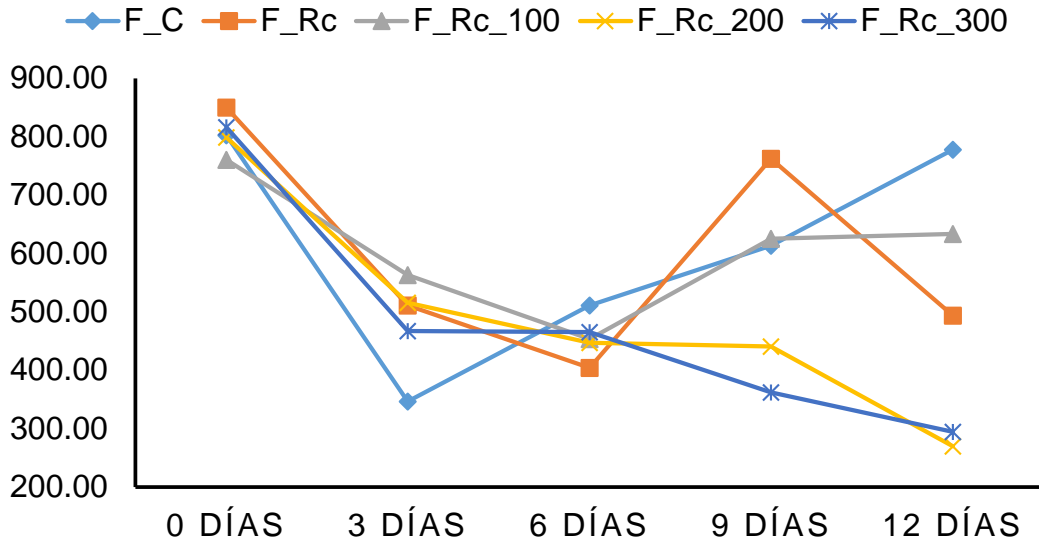


Figura 6. Variación de la dureza en la fresa sobre el envase activo durante su conservación a refrigeración durante 12 días, a diferentes tratamientos.

4.3.3. Peso

En el anexo 7, se muestran los resultados de la variación del peso que de acuerdo a un análisis de varianza indicaron diferencias significativas desde el noveno día, conforme al paso de los días respecto del tratamiento control. En la tabla 8, se muestra la diferenciación de los tratamientos a partir de los 9 días de conservación a refrigeración, notándose que el tratamiento F_Rc_200 aún conserva el 93 % del peso inicial promedio, y que el tratamiento F_Rc_100 conserva menos de su peso inicial promedio en 82.5 %.

Al término de los días de evaluación se mostró que el tratamiento F_Rc_200 aún conservó mayor porcentaje de su peso inicial promedio a 89 % con 25,79 g, difiriéndose de los demás tratamientos que presentaron menor peso, como el caso del tratamiento F_Rc_100 que mostró el menor peso con 22,42 g reflejando el 76.7 % del peso inicial promedio.

Tabla 10. Resultados del peso de la fresa con envase activo a diferentes proporciones de AEC.

Tratamientos	Peso(g)				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	28,24±0,7 ^a	27,45±0,6 ^a	26,22±0,6 ^a	25,00±0,6 ^{bc}	23,80±0,6 ^{bc}
T ₁ : F_Rc	29,31±0,7 ^a	28,21±0,8 ^a	26,50±0,9 ^a	24,89±0,9 ^{bc}	23,36±0,7 ^{cd}
T ₂ : F_Rc_100	29,24±0,7 ^a	27,94±0,4 ^a	25,96±0,2 ^a	24,13±0,3 ^c	22,42±0,4 ^d
T ₃ : F_Rc_200	28,97±0,3 ^a	27,71±0,5 ^a	26,95±0,5 ^a	26,96±0,4 ^a	25,79±0,4 ^a
T ₄ : F_Rc_300	28,84±0,4 ^a	27,31±0,3 ^a	26,38±0,2 ^a	26,38±0,6 ^{ab}	24,98±0,3 ^{ab}

Medias con letra diferente son diferente según prueba Tukey ($p < 0,05$)

En la Figura 7, se muestra la disminución del peso en la fresa con respecto a los diferentes tratamientos y a los días de conservación en refrigeración.

Se muestra que para F_Rc_200 y F_Rc_300 la pérdida de peso es menor, resultando que el envase activo con concentraciones de aceite esencial entre 200 y 300 ppm, tienden a conservar notablemente el peso del producto.

Siendo así también que como resultado de un bajo rendimiento en el peso para el tratamiento F_Rc_100, el uso de 100ppm de aceite esencial en el envase activo no presentaría un beneficio notable hacia el producto.

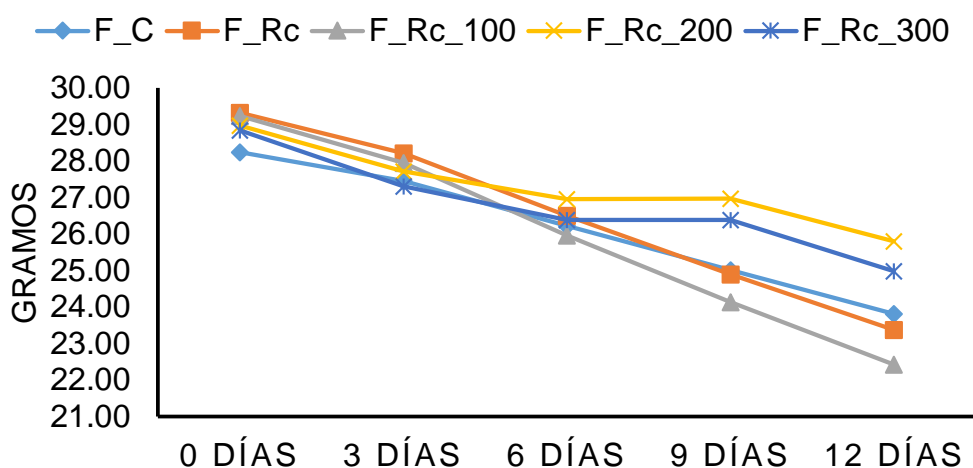


Figura 7. Alteración del peso en la fresa sobre el envase activo durante su conservación a refrigeración durante 12 días, a diferentes tratamientos.

4.3.4. Pérdida de peso porcentual

En el anexo 8, se expone los resultados de la variación porcentual del peso de la fresa sobre el envase activo, los resultados del análisis de varianza indicaron diferencias estadísticas. En la Tabla 11, se muestra los resultados que evidencian las pérdidas porcentuales desde los 3 días, alcanzando así al finalizar los días de evaluación, la mayor pérdida de peso en el tratamiento F_Rc_100, con 23.3 % y la menor en F_Rc_200 con 10.97 %.

Tabla 11. Variación de la pérdida de peso (%) en la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Pérdida de peso (%)				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	0,00 ^a	2,80±0,50 ^b	7,17±0,96 ^b	11,47±1,29 ^b	15,72±1,25 ^c
T ₁ : F_Rc	0,00 ^a	3,77±0,75 ^{ab}	9,60±1,43 ^{ab}	15,09±1,17 ^a	20,30±1,25 ^b
T ₂ : F_Rc_100	0,00 ^a	4,43±0,75 ^{ab}	11,18±1,41 ^a	17,46±1,12 ^a	23,30±0,60 ^a
T ₃ : F_Rc_200	0,00 ^a	4,33±0,75 ^{ab}	6,97±0,64 ^b	6,93±0,65 ^c	10,97±0,66 ^e
T ₄ : F_Rc_300	0,00 ^a	5,30±0,50 ^a	8,50±0,72 ^{ab}	8,53±0,55 ^c	13,38±0,47 ^d

Medias con diferente letra son significativamente diferentes prueba Tukey (p<0.05).

En la Figura 8, se manifiesta el incremento de pérdida del peso en la fresa para un tratamiento que contiene una proporción de aceite esencial a 100ppm, y defiriéndose de una proporción de 200ppm que resultó conservar mejor el peso de la fresa, mostrando un menor porcentaje de pérdida, significando así que una menor cantidad del aceite esencial, <200ppm implicaría a modificar el producto y por consiguiente reducir su peso, inclusivamente más rápido que uno sin envase activo.

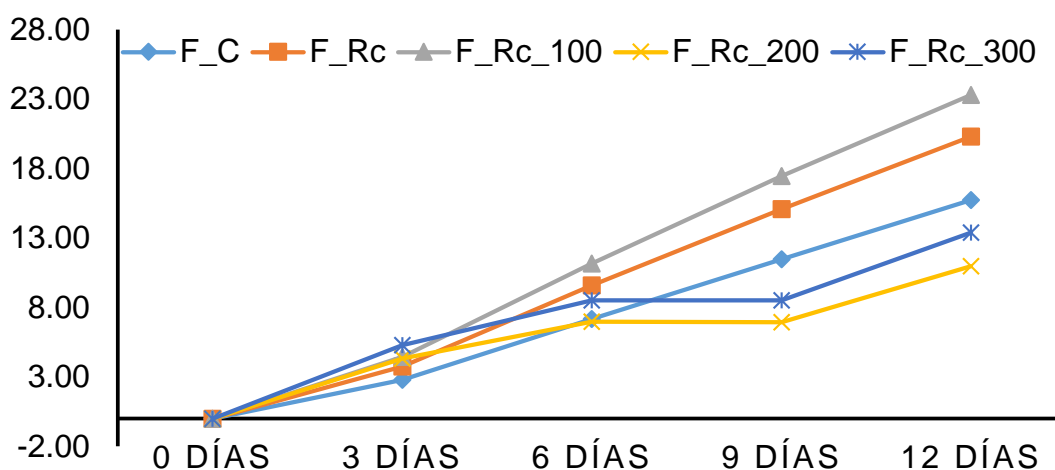


Figura 8. Alteración de la pérdida de peso en la fresa sobre el envase activo durante su conservación a refrigeración durante 12 días, a diferentes tratamientos.

4.3.5. Color

En el anexo 9, se representa los resultados de la variación del color de las muestras de fresa según los tratamientos. Siendo las coordenadas para color L^* , a^* y b^* tanto como para el ΔE en análisis de varianza que mostró diferencias significativas entre el tiempo en conservación y los tratamientos, lo que se entiende que durante el periodo de su refrigeración estos factores influyeron significativamente en el comportamiento de color de las muestras de fresa con envase activo. En la Tabla 12 sobre el color L^* , refleja una mejor luminosidad para el tratamiento F_Rc_300 al término de los días de evaluación, tendencia que estuvo conservando desde el inicio de los análisis, los valores menores al finalizar fueron mostradas por el tratamiento F_Rc_100. Respecto al color a^* , al noveno día de evaluación se presentaron diferencias significativas siendo el tratamiento F_Rc, que tuvo el menor valor, que ya para el último día de evaluación se emparejaron los valores, datando así que todos los tratamientos no presentaron diferencias. Del color b^* , mostraron diferencias significativas al doceavo día, siendo el tratamiento control que presenta mejores valores con respecto a los demás, y siendo está la que mostró un crecimiento diferencial desde el sexto día.

En la ΔE^* , no se muestran diferencias significativas en ningún tratamiento con respecto al pasar de los días a refrigeración, notándose decrecimiento progresivo para el tratamiento F_Rc_300 desde el día 3 hacia el 12.

Tabla 12. Variación de las expresiones numéricas del color L^* , a^* , b^* y ΔE^* de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Sub-Tabla 12.1. Color L^*

Tratamientos	L^*				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	30,37±1,6 ^a	28,43±0,4 ^b	31,50±1,9 ^{ab}	30,93±3,2 ^a	34,00±0,8 ^{ab}
T ₁ : F_Rc	31,57±2,1 ^a	28,67±0,6 ^b	29,03±1,0 ^b	33,77±2,5 ^a	31,80±2,5 ^{ab}
T ₂ : F_Rc_100	34,23±1,5 ^a	28,70±0,9 ^b	32,60±0,9 ^{ab}	33,13±1,3 ^a	29,70±1,9 ^b
T ₃ : F_Rc_200	33,27±0,7 ^a	29,23±0,4 ^{ab}	31,73±1,8 ^{ab}	33,80±1,8 ^a	32,60±1,0 ^{ab}
T ₄ : F_Rc_300	32,93±1,3 ^a	30,27±0,3 ^a	34,17±0,6 ^a	29,10±3,2 ^a	35,20±1,7 ^a

Sub-Tabla 12.2. Color a^*

Tratamientos	a^*				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	31,60±2,0 ^a	32,17±2,0 ^a	26,77±0,6 ^a	34,53±1,8 ^a	31,73±3,7 ^a
T ₁ : F_Rc	32,23±3,8 ^a	31,90±1,1 ^a	29,77±3,5 ^a	26,53±3,4 ^b	31,30±4,8 ^a
T ₂ : F_Rc_100	32,97±1,9 ^a	32,37±3,2 ^a	31,00±1,7 ^a	33,67±1,7 ^a	32,17±3,2 ^a
T ₃ : F_Rc_200	34,23±3,0 ^a	32,80±1,3 ^a	29,43±3,6 ^a	33,30±2,4 ^a	32,43±1,7 ^a
T ₄ : F_Rc_300	33,47±1,0 ^a	32,77±0,6 ^a	32,87±3,9 ^a	30,63±2,4 ^{ab}	30,57±1,0 ^a

Sub-Tabla 12.3. Color b*

Tratamientos	b*				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	21,23±1,1 ^a	16,03±1,5 ^a	11,70±3,7 ^a	20,67±2,1 ^a	25,40±2,2 ^a
T ₁ : F_Rc	20,50±2,5 ^a	13,8±2,2 ^a	12,77±0,6 ^a	18,33±1,7 ^a	19,17±3,7 ^{ab}
T ₂ : F_Rc_100	21,97±0,4 ^a	14,27±3,0 ^a	13,17±3,3 ^a	18,50±2,0 ^a	17,53±2,5 ^b
T ₃ : F_Rc_200	20,40±2,4 ^a	14,23±1,8 ^a	14,13±2,5 ^a	20,63±2,0 ^a	15,60±2,6 ^b
T ₄ : F_Rc_300	20,07±1,8 ^a	17,00±1,7 ^a	14,07±1,3 ^a	19,47±5,2 ^a	15,40±1,9 ^b

Sub-Tabla 12.4. Color ΔE*

Tratamientos	ΔE*				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	0,00 ^a	5,82±1,5 ^a	11,05±2,8 ^a	4,25±2,1 ^a	6,53±1,0 ^a
T ₁ : F_Rc	0,00 ^a	7,37±2,2 ^a	8,95±1,3 ^a	7,46±0,9 ^a	5,03±2,3 ^a
T ₂ : F_Rc_100	0,00 ^a	9,84±3,2 ^a	9,29±3,4 ^a	4,22±1,6 ^a	6,84±3,3 ^a
T ₃ : F_Rc_200	0,00 ^a	7,67±1,2 ^a	8,88±0,9 ^a	3,08±0,9 ^a	5,64±1,7 ^a
T ₄ : F_Rc_300	0,00 ^a	11,03±0,1 ^a	6,85±1,9 ^a	6,82±2,8 ^a	6,24±1,5 ^a

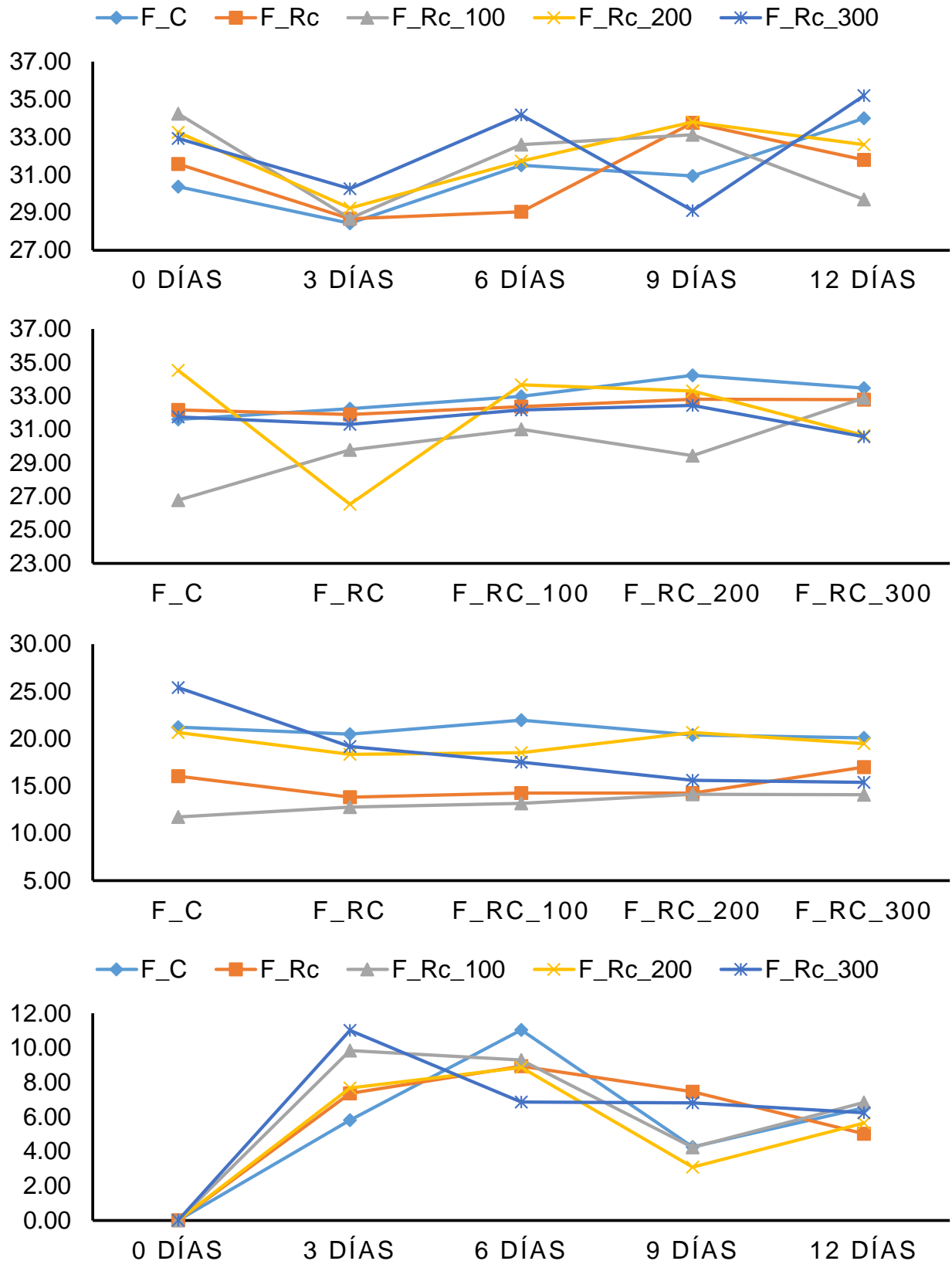


Figura 8. Alteración de las expresiones de color, del análisis de envase activo sobre la fresa durante su conservación a refrigeración. L, a, b y ΔE respectivamente.

4.4. Evaluación de la influencia de las diferentes proporciones de aceite esencial en las propiedades físico-químicas de la fresa (*Fragaria spp.*)

4.4.1. pH

El análisis de varianza de los resultados de la evolución del pH de las muestras de fresa, según tratamientos experimentales, se muestra en el anexo 10.

Como se puede observar en la Tabla 13, para el día 3 se presenta un comportamiento de diferencias significativas entre estos tratamientos siendo los más relevantes el tratamiento F_C y F_Rc_300, teniendo mayor y menor variación respectivamente. Al doceavo día, es notoria la significancia en cuanto al tratamiento F_Rc_200, debiéndose a que su pH varió considerablemente respecto a los demás, y que el tratamiento control F_C, sufrió una menor variación al pasar de los días en refrigeración.

Tabla 13. Variación del pH de la fresa durante su refrigeración.

Tratamientos	pH				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	3,54±0,03 ^a	3,81±0,06 ^a	3,72±0,03 ^a	3,73±0,03 ^c	3,86±0,03 ^b
T ₁ : F_Rc	3,45±0,05 ^a	3,73±0,05 ^{ab}	3,78±0,04 ^a	3,83±0,03 ^b	3,92±0,04 ^{ab}
T ₂ : F_Rc_100	3,50±0,06 ^a	3,74±0,05 ^{ab}	3,74±0,02 ^a	3,81±0,03 ^{bc}	3,92±0,03 ^{ab}
T ₃ : F_Rc_200	3,51±0,06 ^a	3,79±0,03 ^{ab}	3,71±0,04 ^a	3,91±0,03 ^a	3,97±0,05 ^a
T ₄ : F_Rc_300	3,48±0,09 ^a	3,67±0,02 ^a	3,77±0,02 ^a	3,80±0,05 ^{bc}	3,90±0,02 ^{ab}

Medias con diferente letra son significativamente diferentes prueba Tukey ($p < 0.05$).

En la Figura 9, se manifiesta la evolución del pH, notándose el crecimiento continuo en el tratamiento F_Rc_300 desde 3,51 en el primer día de evaluación hasta 3,9 al término de los días de evaluación.

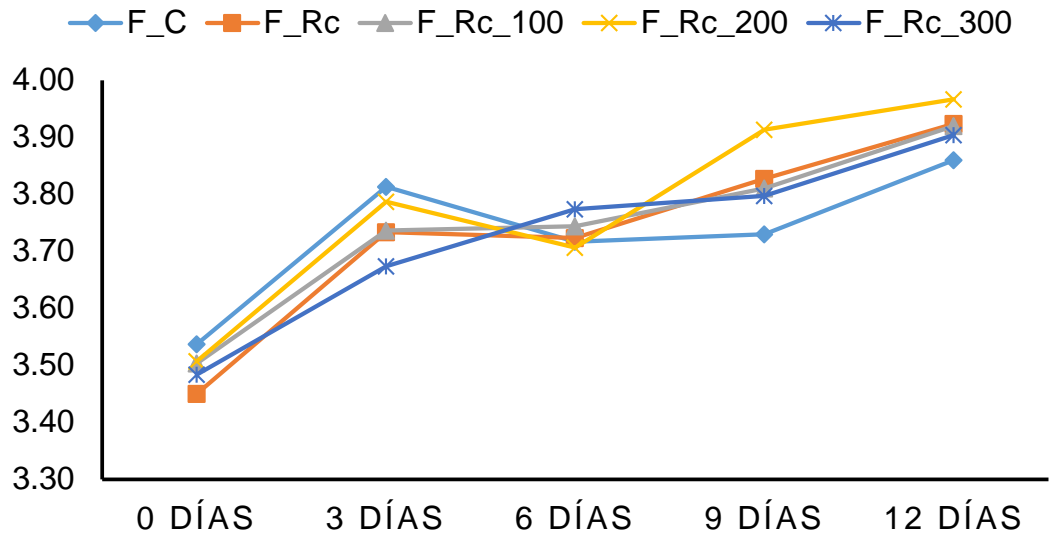


Figura 10. Efecto del envase activo con aceite esencial de canela sobre el pH de la fresa a refrigeración durante 12 días: F_C, F_Rc, F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300.

4.4.2. Sólidos solubles

Los resultados de la evolución de los sólidos solubles de las muestras de fresa, según tratamientos, se muestran en detalle en el anexo 11, donde el análisis de varianza muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. En la Tabla 14, nos muestra que a los 3 días de análisis el tratamiento control mostró 15.7 °Brix promedio, y el tratamiento F_Rc_100 con una racha menor a 12.7 °Brix, al término de los días de evaluación se denotaron diferencias, considerando a las circunstancias del envase activo que propició a una variación, F_Rc_200 mostró la mayor concentración con 12.77 °Brix y la menor con 11,23 °Brix del tratamiento F_Rc_300.

Su gráfica de los promedios mostrada en la Figura 11, se muestra la evolución de los sólidos solubles (°Brix) de los tratamientos en estudio durante el periodo de almacenamiento refrigerado, viéndose que las que la concentración de °Brix más alta y mínima que se determinó en los días de evaluación fueron del tratamiento F_Rc_300 a los 6 y 12 días de evaluación respectivamente.

Tabla 14. Variación de los sólidos solubles de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Sólidos solubles (°Brix)				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	10,63±0,8 ^a	15,70±0,2 ^a	14,63±0,2 ^b	12,33±0,2 ^{ab}	11,80±0,3 ^{bc}
T ₁ : F_Rc	10,73±0,4 ^a	13,77±0,4 ^b	13,57±0,3 ^c	12,40±0,4 ^{ab}	12,03±0,2 ^b
T ₂ : F_Rc_100	10,33±0,3 ^a	12,70±0,3 ^c	14,23±0,2 ^{bc}	12,47±0,3 ^{ab}	11,90±0,2 ^{bc}
T ₃ : F_Rc_200	10,80±0,4 ^a	13,07±0,5 ^{bc}	12,73±0,3 ^d	13,23±0,7 ^a	12,77±0,3 ^a
T ₄ : F_Rc_300	10,53±0,8 ^a	13,47±0,3 ^{bc}	15,77±0,2 ^a	11,70±0,4 ^b	11,23±0,3 ^c

Medias con diferente letra son significativamente diferentes prueba Tukey (p<0.05).

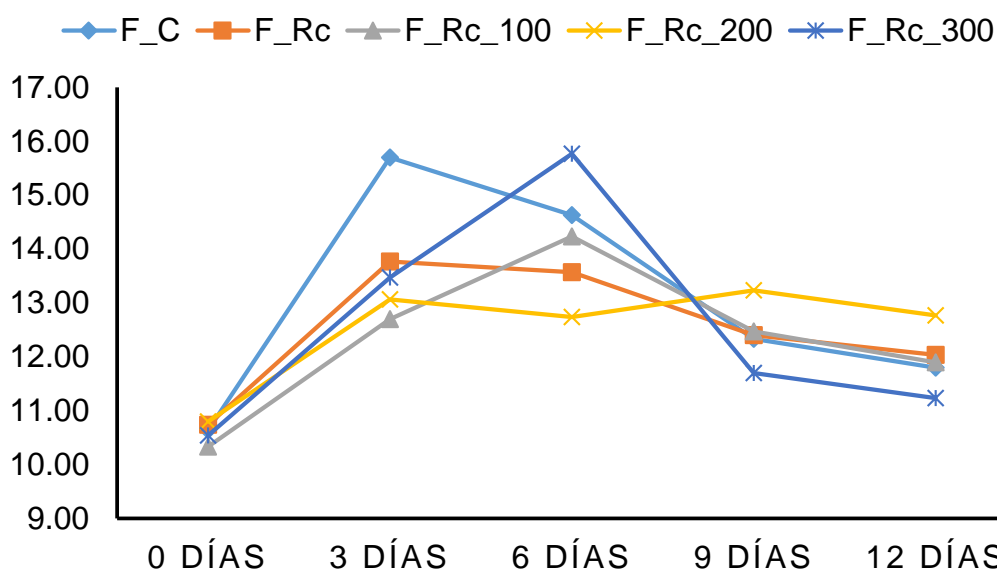


Figura 11. Variación del envase activo con aceite esencial de canela sobre los sólidos solubles de la fresa a refrigeración durante 12 días: F_C, F_Rc, F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300.

4.4.3. Acidez titulable

Los resultados de la evolución de la acidez titulable en las muestras de fresa, según los tratamientos experimentales con el envase activo, se muestran con más detalle en el anexo 12. En la Tabla 15 se presenta el ANVA de los resultados señaló en forma general diferencias significativas entre tratamientos en los días 3 y 6, puesto que a los 9 y 12 días no se

presentaron diferencias significativas, reportándose en el tercer día el tratamiento F_Rc_300 con mayor acidez a 1,44 % y un porcentaje menor a 1,18 del tratamiento F_Rc_200, para el sexto día el menor porcentaje de acidez lo presentó el tratamiento F_Rc a 1,37 % y el mayor lo mostró el tratamiento F_Rc_300 con 1,52 % de acidez.

Tabla 15. Variación del porcentaje de acidez de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	% de acidez titulable				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	1,10±0,07 ^a	1,24±0,02 ^{ab}	1,47±0,04 ^{ab}	1,47±0,10 ^a	1,58±0,07 ^a
T ₁ : F_Rc	1,05±0,07 ^a	1,25±0,08 ^{ab}	1,37±0,02 ^b	1,48±0,06 ^a	1,59±0,07 ^a
T ₂ : F_Rc_100	1,10±0,05 ^a	1,34±0,05 ^{ab}	1,47±0,05 ^{ab}	1,48±0,08 ^a	1,51±0,13 ^a
T ₃ : F_Rc_200	1,09±0,08 ^a	1,18±0,14 ^b	1,39±0,05 ^{ab}	1,50±0,07 ^a	1,63±0,05 ^a
T ₄ : F_Rc_300	1,11±0,08 ^a	1,44±0,06 ^a	1,52±0,07 ^a	1,41±0,08 ^a	1,57±0,06 ^a

Medias con diferente letra son significativamente diferentes prueba Tukey (p<0.05).

La gráfica señala la tendencia de evolución de la acidez titulable en los tratamientos, las cuales se muestran en la Figura 12, siendo el tratamiento F_Rc_200, que obtuvo un crecimiento progresivo hasta alcanzar un porcentaje de 1,63 % de acidez al doceavo día, y el tratamiento F_Rc_100 presentó al termino del análisis un menor porcentaje de acidez siendo de 1,51 %.

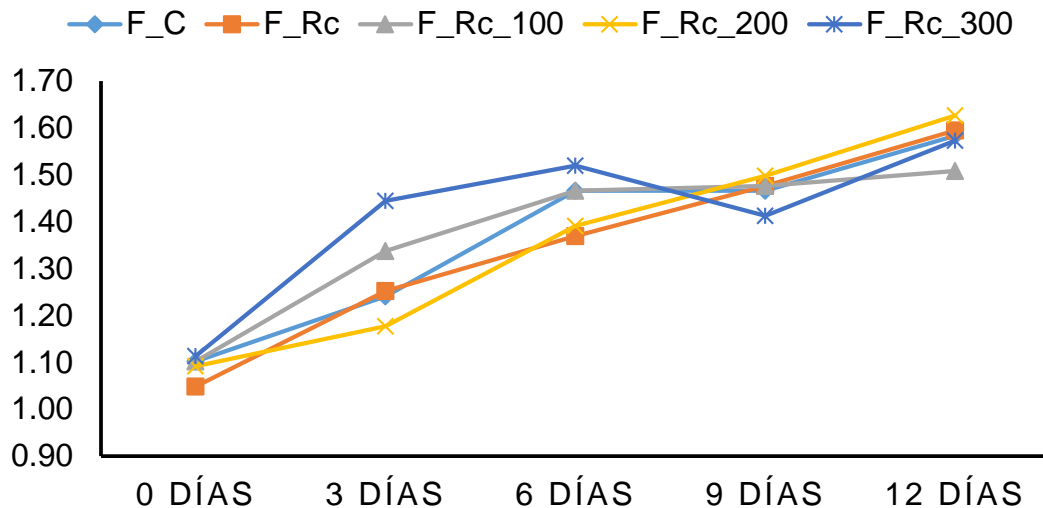


Figura 12. Variación del envase activo con aceite esencial de canela sobre la acidez de la fresa a refrigeración durante 12 días: F_C, F_Rc, F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300.

4.4.4. Índice de madurez

Los resultados de la evolución del índice de madurez en las muestras de fresa, según los tratamientos experimentales, cuales se muestran con más detalle en el anexo 13. En la tabla 16, se muestra la clasificación de los promedios de acuerdo a la prueba tukey, mostrándose diferencias en los tratamientos durante los días 3 y 6. Notándose en el tercer día un mayor índice de madurez en el tratamiento control con 12,65 y un menor índice en los tratamientos F_Rc_100 y F_Rc_300 con 9,51 y 9,33 respectivamente. Para el sexto día el tratamiento F_Rc_300 mostró un índice de madurez de 10,39, siendo este el más alto en aquel día y el menor índice de madurez en el tratamiento F_Rc_200 con 9,16.

La gráfica en la Figura 13 señala la tendencia de la evolución del índice de madurez en los tratamientos. Mostrándose que desde el sexto día todos los tratamientos sufrieron decadencia en el índice de madurez, finalizando con el menor índice de madurez de 7,15 en el tratamiento F_Rc_300 y una mayor en el tratamiento F_Rc_100 con 7,92.

Tabla 16. Variación del índice de madurez de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Índice de madurez				
	1 día	3 días	6 días	9 días	12 días
T ₀ : F_C	9,70±1,27 ^a	12,65±0,09 ^a	9,98±0,09 ^{ab}	8,44±0,69 ^a	7,46±0,40 ^a
T ₁ : F_Rc	10,28±1,00 ^a	11,04±1,05 ^{ab}	9,90±0,11 ^{ab}	8,41±0,56 ^a	7,56±0,34 ^a
T ₂ : F_Rc_100	9,38±0,19 ^a	9,51±0,50 ^b	9,71±0,22 ^{bc}	8,46±0,64 ^a	7,92±0,54 ^a
T ₃ : F_Rc_200	9,96±1,22 ^a	11,18±1,05 ^{ab}	9,16±0,14 ^c	8,84±0,44 ^a	7,85±0,22 ^a
T ₄ : F_Rc_300	9,50±1,01 ^a	9,33±0,21 ^b	10,39±0,41 ^a	8,30±0,51 ^a	7,15±0,48 ^a

Medias con diferente letra son significativamente diferentes prueba Tukey (p<0.05).

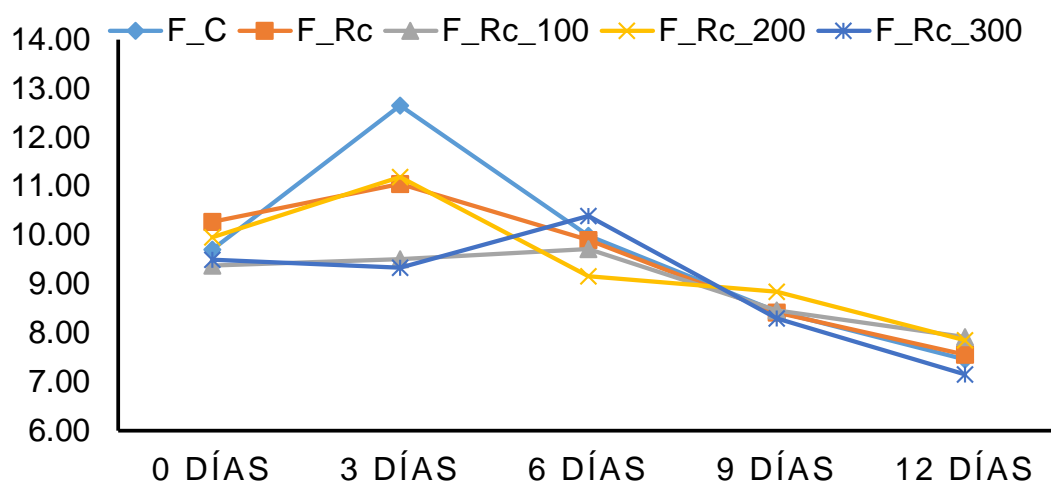


Figura 13. Efecto del envase activo con aceite esencial de canela sobre el índice de madurez en la fresa a refrigeración durante 12 días: F_C, F_Rc, F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300.

4.5. Evaluación de la influencia de las diferentes proporciones de aceite esencial en las propiedades funcionales de la fresa (*Fragaria spp.*)

4.5.1. Capacidad antioxidante

Los resultados de la capacidad antioxidante en las muestras de fresa, según los tratamientos experimentales, se muestran con más detalle en el anexo 14. El ANVA de los resultados señaló en forma general, diferencias significativas entre tratamientos. En la tabla 17, se muestra la clasificación de los promedios de acuerdo a la prueba tukey, representando valores altos en contenido de antioxidantes el tratamiento control con 542,32 mg trolox/gramo al evaluarse al tercer día, y el tratamiento F_Rc_200 con 516,3 mg trolox/gramo.

Se reflejan que no existen diferencias significativas en los días 6 y 9, pero demuestra que el tratamiento control sigue teniendo mayor cantidad de mg trolox/gramo y de entre los tres tratamientos con aceite esencial de canela, el que tiene mayor cantidad de antioxidante en esos días fue el F_Rc_300.

Tabla 17. Variación de la capacidad antioxidante de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Capacidad antioxidante (mg trolox/gramo de muestra)			
	1 día	3 días	6 días	9 días
T ₀ : F_C	394,797±71,7 ^a	542,317±34,6 ^a	212,815±57,7 ^a	82,829±35,2 ^a
T ₁ : F_Rc	418,376±51,4 ^a	313,78±37,9 ^{ab}	166,867±55,0 ^a	33,857±6,4 ^a
T ₂ : F_Rc_100	392,983±46,1 ^a	320,43±39,9 ^{ab}	200,724±78,56 ^a	53,808±19,1 ^a
T ₃ : F_Rc_200	392,983±12,1 ^a	516,3±183,2 ^{ab}	182,586±43,9 ^a	34,462±20,2 ^a
T ₄ : F_Rc_300	392,983±18,6 ^a	302,899±34,7 ^b	231,558±22,5 ^a	76,783±21,3 ^a

Medias con diferente letra son significativamente diferentes prueba Tukey (p<0.05).

En la gráfica de la Figura 14, se muestra la dinámica de los resultados en la cantidad de mg trolox/ gramos de muestra fresa. Al pasar de los días se muestra que la cantidad de mg trolox descienden y que solo al tercer día se mostró un ascenso para luego al sexto día, emparejarse con los demás tratamientos.

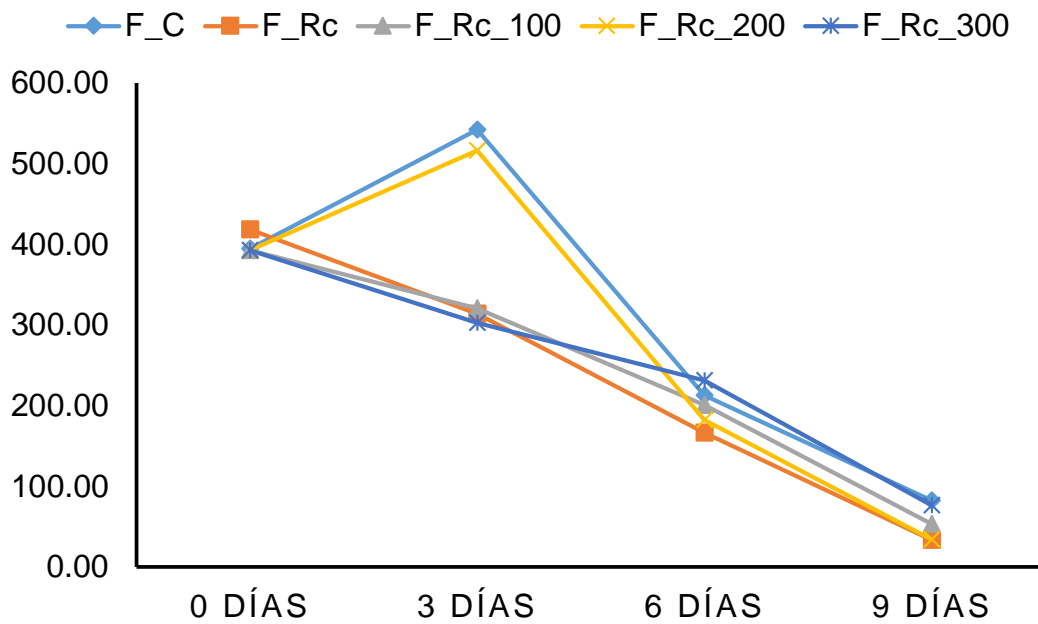


Figura 14. Alteración de la cantidad de mg trolox por gramo de muestra en fresa a refrigeración durante 9 días con diferentes tratamientos: F_C, F_Rc, F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300.

V. DISCUSIÓN

En la actualidad, la utilización de las películas y recubrimientos antimicrobianos han innovado el concepto de empaque activo y se vienen desarrollando continuamente para mejorar su actividad de reducir, inhibir o detener el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos y poder alargar su tiempo de vida útil conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y funcionales (Quintero, L *et al.* 2010).

5.1. DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA FRESA Y ACEITE ESENCIAL DE CANELA

La fresa que se adquirió presentó características físicas dentro de los parámetros establecidos de calidad como el peso 28,5 g y la dureza de la textura que resultó 802 g. La humedad que se expresa están , los °Brix que refleja a 10,63 están por encima de los establecidos, esto debiéndose a la variedad de la fresa, el pH y la acidez titulable está menos de un valor permitido del 1,2 % siendo esto permitido.

Al respecto de los datos obtenidos, Santiago (2014) afirma que el aceite esencial de canela se encuentra situada ente las plantas reconocidas por sus comprobadas propiedades antifúngica. En comparación con los datos que se reportaron, se encuentran de los parámetros establecidos.

5.2. DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA SOBRE LA FRESA

Se aplicaron tres concentraciones para evaluar el poder inhibitorio del aceite esencial de canela usando el método de crecimiento por día, según Santiago (2014).

Todo microorganismo crece uniformemente sobre medio sólido, se presta a medición lineal la cual se puede repetir a intervalos para establecer el ritmo de crecimiento para este propósito pueden observarse en placas Petri, sobre todo para hongos. Los hongos crecen solo por la parte terminal de las hifas, y el micelio posterior muere. Las hifas terminales se ramifican según las condiciones ambientales específicamente las nutritivas. Lo que se mide en el

avance del micelio. Es importante en toda determinación que se establezca el crecimiento intrínseco del hongo antes de marcar el comienzo de la extensión a medir.

Estas pruebas realizadas indican que el crecimiento micelial en las placas con 200 ppm y 300ppm de AEC fue nula, debido a una interacción de compuestos volátiles como reportó Gonzáles (2010), el cinamaldehído, linalol, eugenol y 1,8 cineol son compuestos activos que ayudan a inhibir el crecimiento de *Monilia*, *Botrytis* y *Mucor*. Esto según Dormann *et. al* (2000), a que los aldehídos poseen una actividad antimicrobial a través del grupo aldehído conjugado, por su doble unión C=C es altamente electronegativo y pueden interferir en el proceso biológico que involucra la transferencia de electrones, que reaccionan con el nitrógeno en las proteínas y ácidos nucleicos, por lo tanto inhiben el crecimiento del hongo.

La capacidad antifúngica encontrada en el aceite esencial de canela, coincide con los resultados reportados por Gonzáles (2010) quien de acuerdo a sus resultados, observó que a 125 ppm se presentó el mayor crecimiento micelial del hongo con respecto a las otras concentraciones. Mientras que a partir 250 ppm no hubo crecimiento micelial. También se observó que conforme a la concentración del aceite esencial, el efecto de inhibición sobre el crecimiento es aún mayor, eso significa que se presentó un efecto dependiente de la proporción.

Como señala Quintero, L *et al.* (2010), en la mayoría de productos frescos y/o procesados, la contaminación microbiana se lleva a cabo con una alta intensidad sobre la superficie del alimento, por lo tanto se requiere un efectivo sistema de control de crecimiento de dicha biota. Los agentes microbianos son adicionados directamente a los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por diferentes sustancias que forman parte del alimento, de manera que se pueda disminuir su eficiencia. En tales casos, la implementación de películas o recubrimientos antimicrobianos puede ser más eficiente que los aditivos que se utilizan en el producto alimenticio, ya que desde estos se puede migrar selectiva y gradualmente compuestos desde el empaque a la superficie del alimento.

5.3. DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DE LA FRESA

De acuerdo con esta investigación se determinó que la aplicación de 300 ppm de aceite esencial de canela en el envase activo sobre la fresa a condiciones de almacenamiento a refrigeración (5°C), mantienen las características de brillo, color, olor y sabor durante los 12 días evaluados, que se asemejan a los resultados de una evaluación en 15 días a temperatura de refrigeración (Gonzales 2010) muestran que esta investigación también mantiene las características organolépticas aceptables.

En el análisis, nos permitió determinar que existe una diferencia significativa de porcentaje de conservación de las características organolépticas, observándose que en la fruta tratada con aceite esencial de canela presenta un 73,67 % en grado de conservación de la calidad de las características organolépticas frente al 70,9 % del control y con recubrimiento.

La disminución de la dureza es producida por la acción de pectinasas y celulasas, tal como afirma (Cano y Corales, 2014), que degradan las sustancias pectidas presentes en la piel de los frutos, además también de hidrolasas que causan el ablandamiento, como también la disminución de la temperatura genera un aumento en la firmeza de la fresa (Almenar, 2005)

Los resultados obtenidos indican que hubo diferencias significativas entre el tiempo del almacenamiento y los tratamientos; por lo tanto la adición del recubrimiento y de 100 ppm de aceite esencial de canela genera una mejor conservación de la textura en la fresa. Estos resultados concuerdan con los reportados (Moreno y Patiño, 2010) para un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante.

Según Abassi *et al.* (2009), los recubrimientos comestibles también disminuyen la disponibilidad de oxígeno en el fruto, lo que reduciría la actividad de enzimas pécticas que producen la disminución de firmeza.

Se demuestran así una efectividad de los recubrimientos comestibles en la conservación de la textura en esta fruta con ciertas concentraciones de aceite esencial de canela, lo que ayudaría a la inhibición del crecimiento microbial y a su vez conserva la textura del alimento.

Estos resultados sobre la disminución del peso suelen estar relacionados con la utilización de un recubrimiento comestible, tales como coincide Ramírez (2012) en fresa y moras. Así también como en la pruebas de Alarcón-García *et al.* (2015), en donde desarrolló un envase activo adicionado con aceite esenciales de críticos para el control de la podredumbre en aceites esenciales, hubo una menor pérdida de peso en el alimento, ya que se resolvió la efectividad de los envases en el control del hongo *Botrytis cinerea* sobre la fresa.

Estadísticamente se establece que hay una menor pérdida de peso entre las muestras de fresa con recubrimiento junto al aceite esencial de canela a 200 ppm y 300 ppm, y una mayor pérdida en las fresas sin recubrimiento, solo con recubrimiento y recubrimiento junto a 100 ppm de aceite esencial de canela; significativamente parecida a la que reporta (Castro y Lazo, 2015) en su investigación sobre la elaboración de películas a base de sábila y tara como protector de fresas, donde presenta una menor pérdida de peso en fresas que están envueltas con plastic Wrap.

Esto se explicaría por la acción de barrera que ejerce el recubrimiento frente a la difusión del vapor de agua, estos resultados están acordes con los reportes representados por (Cano y Corales, 2014) para un recubrimiento de aloe vera, glicerol y lecitina de soya evaluado en fresa (Trejo *et al.*, 2007) aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina evaluados en fresas almacenada en refrigeración.

Lo que indicaría que el recubrimiento utilizado junto con el aceite esencial de canela representa una alternativa eficaz para disminuir la pérdida de peso de la fresa.

Al final del almacenamiento para el tratamiento óptimo F_Rc_300, L* aumento en promedio 6,89 % y disminuyó 13,23 % para el tratamiento F_Rc_100, con respecto al primer día. La protección del color y luminosidad del fruto de la fresa, debido a la utilización de recubrimientos comestibles, también ha sido evidenciada por Vargas *et al.* (2006) mencionado por Escalante (2015), quienes utilizaron recubrimiento de quitosano y ácido oleico, el cual preservó valores entre 32 y 34 luego de 10 días de conservación, mientras que el control no duró hasta ese día debido a la infección fúngica.

Según Cano y Corales (2014), la pérdida de luminosidad genera oscurecimiento de la piel del fruto (menores valores de L^*) esto se debe al pardeamiento oxidativo y a la pérdida de humedad que presenta la fresa durante el almacenamiento.

Debido a la luminosidad resultante en fresas recubiertas analizadas en esta investigación, se menciona una semejanza con Escalante (2015), que demostró en su investigación que en fresas recubiertas presentan mayor luminosidad que los no recubiertas, cuanto mayor era la proporción del hidrocálcido en la formulación mayor era la luminosidad, esto debido a una menor pérdida de humedad superficial que evitaría oxidaciones causantes de un color oscuro.

5.4. DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA FRESA

Es importante mencionar que a la temperatura de 5 °C los valores para las variables de pH y porcentaje de acidez no cambian mucho aparentemente, lo que prueba que a refrigeración los procesos de maduración se ven retardados y alargan la vida útil de las fresas (Gonzales, 2010).

La acidez titulable y el pH en la fresa recubierta, tanto para el control como para el tratamiento, confirman el bajo contenido de acidez para este fruto, en cuanto a un aumento progresivo en relación al tiempo de almacenamiento, en todos los tratamientos (figura 9) los resultados similares fueron reportados (Cano y Corales, 2014).

Los tratamientos F_Rc_300 y F_Rc_100, mostraron valores bajos de pH en comparación a los demás tratamientos, pese al control que muestra valores más bajos (figura 10 y anexo 10), esto coincide con la reducción de la acidez titulable, esto debiéndose a la utilización de los ácidos orgánicos como fuente energética para sustentar el proceso de maduración del fruto (Barrera, 2012). El pH es un factor muy importante para permitir o no el crecimiento de microorganismos alterados en los alimentos, las frutillas por sus valores de pH no permiten el fácil crecimiento de bacterias, pero sí de hongos y levaduras que son los principales agentes de alteración de estas (Gonzales, 2010). En otros estudios realizados por Castro y Lazo (2015), se observó un comportamiento similar al utilizar un recubrimiento con plastic wrap sobre

fresas, al presentar una tendencia al aumento de los valores de pH durante el almacenamiento en refrigeración.

Los grados Brix presentes en la fresa en estudio fueron muy elevados, notándose así que puede ser por la zona de cultivo, que debido a sus propiedades de la tierra y al nivel de altura, haya diferido de los parámetros más comprendidos, cabe señalar que Nunes (2007) indica que el índice de calidad de la fresa en los sólidos solubles deben ser como mínimo 7 por ciento, así que los comprendidos en los resultados son los aceptables.

El contenido de sólidos totales fue aumentando conforme transcurrían los días de almacenamiento hasta el sexto, resultándose como indica Gonzales (2016), debido a las reacciones enzimáticas en la translocación de azúcares y la degradación de pectinas durante el proceso de maduración, también debiéndose que durante la maduración aumenta el dulzor debido a la liberación de azúcares simples del almidón y otros carbohidratos de reserva como indica Cano y Corales (2014). Se Mostró un mayor incremento en el tratamiento F_Rc_300 hasta alcanzar los 15,77 °Brix.

Al término de la evaluación, al doceavo día se observó que el tratamiento F_Rc_300, mostró un contenido de sólidos totales en 11,23 °Brix, notándose así que disminuyó su contenido en seis días progresivos.

El tratamiento F_Rc_200 tuvo la mayor cantidad de sólidos totales a diferencia de los demás tratamiento y del control al término de las evaluaciones con una cantidad de 12,03 °Brix, representado así que el recubrimiento conserva el contenido de sólidos totales en la fresa.

La acidez titulable es necesaria para conocer la evolución del grado de madurez en las fresas, parámetro resultante de la relación entre la cantidad de ácido cítrico presentes respecto a la de los sólidos solubles obtenidos (Escalante, 2015).

Se puede observar que los tratamientos F_Rc_200 y F_Rc, arrojaron mayores valores de acidez: 1,63 y 1,59 respectivamente, esto se debe a que la formulación de estos tratamientos facilita la disminución de la frecuencia respiratoria en las fresas recubiertas y retrasan la utilización de los ácidos orgánicos en las reacciones enzimáticas.

Estos valores se encuentran por encima del que Escalante (2015) halló valores de acidez de promedio 1,07 % y que citó a Martínez *et al.* (2008) indicando que en su investigación halló valores de hasta 1,39 % en fresas. Siendo estos menores a los hallados en esta presente investigación, debiéndose estar influenciados por del tipo de cultivar, tiempo de cosecha, clima y otros.

Este parámetro es utilizado ya que a la medida que la fruta madura, el contenido de azúcares aumenta y el contenido de ácidos disminuye (Escalante, 2015). Los niveles de índice de madurez para todos los tratamientos bajaron después del tercer día, momento en el cual la mayoría de muestras aumentaron sus índices de madurez, obstante el tratamiento F_Rc_300 y F_Rc_100 que al sexto día subieron, para luego disminuir hasta un promedio equitativo con las demás muestras.

En valor más alto de la relación de sólidos solubles-acidez de la fresa en estudio fue de 11,18 presente en el tratamiento F_Rc_200, dicho valor está por debajo del citado por Escalante (2015), afirmando que hubo un valor de 18,83, siendo alto. Estos valores obtenidos son precisamente resultado de la relación de un contenido de sólidos solubles muy alto, debiendo a todo que pueden ser deseables para el consumo teniendo un contenido menos ácidos y más dulces.

5.5. DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FRESA

La capacidad antioxidante de las fresas evaluadas tuvo una tendencia a disminuir, teniendo que F_C, F_Rc, F_Rc_100, F_Rc_200 y F_Rc_300 tuvieron una pérdida de capacidad en 78,9 %, 91,8 %, 86,3 %, 91,2 % y 80,4 % respectivamente del inicio hasta el noveno día, semejante al estudio de Trejo *et al.* (2015), que menciona una pérdida de la capacidad antioxidante en su estudio con zarzamora envuelta con recubrimiento y extracto de hoja zen. Tanto al inicio como el final del estudio se presentó diferencia significativa en la capacidad antioxidante de las fresas evaluadas. Por lo que nuevamente el recubrimiento ayudó a disminuir la pérdida de capacidad antioxidante y aún más cuando este tenía aceite esencial de canela, lo que hace que este tipo de tratamiento sea una alternativa de conservación de la fresa.

VI. CONCLUSIONES

El principal causal de pudrición de las fresas es el hongo *Botrytis sp.*

El aceite esencial de canela, presentó un efecto antifúngico sobre *Botrytis cinerea* a partir de las dosis mínima probada, 100ppm, se presentó una inhibición del desarrollo del hongo. A partir de una concentración de 200 ppm del aceite esencial, se inhibió completamente el crecimiento de la colonia de *Botrytis cinerea* por lo que este aceite es una alternativa atractiva para el control de enfermedades causadas en fruta fresca-

Durante el almacenamiento disminuyeron los valores, debido a una maduración y sobre maduración en las características fisicoquímicas

La aplicación del aceite esencial de canela en concentraciones de 200 y 300 ppm retardó la pérdida de peso a lo largo del periodo de almacenamiento a refrigeración con respecto al de la fresa control, manteniendo en mayor medida el peso de la fruta.

La aplicación del aceite esencial de Canela en 200 y 300 ppm sobre las fresas probadas, retardó el crecimiento de hongos presentando diferencias significativas con respecto al crecimiento de hongos en fresas control y con recubrimiento.

La aplicación del aceite esencial en una concentración de 300ppm y a temperatura de refrigeración (5 °C) logró incrementar la vida útil de la fresa por un periodo de 12 días. Es decir a mayor concentración de aceite esencial, mayor es el tiempo de vida útil.

Existen diferencias significativas en la conservación de la calidad organoléptica de la fresa con aceite esencial sobre el envase activo, en comparación con la fresa control, lo que lleva a incrementar su vida útil manteniendo las características organolépticas aceptables.

VII. RECOMENDACIONES

Determinar si la fresa sufre alteraciones organolépticas al aplicarle aceite esencial de Canela a concentraciones mayores y/o con diferentes envases activos.

Realizar pruebas con el aceite esencial de canela a diferentes proporciones y en diferentes hongos causante de pudrición en fresas, para determinar su actividad antimicótica

Realizar pruebas para determinar un envase activo que tenga más ventajas organolépticas

Determinar la rentabilidad del uso del aceite de canela para combatir la pudrición.

VIII. LITERATURA CITADA

- AOAC. (2002). "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, AOAC

- Aizaga, S. (2017). Efecto antifúngico del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) al 25 %, 50 %, 75 % y 100 % sobre *Cándida albicans* ATCC 10231. Quito, Ecuador. [Tesis para optar el Título de Cirujano Dentista]. Universidad Central del Ecuador.
- Alarcón-García, Y., Trejo-Márquez, Ma., Corrales-Salinas, A., Pascual, S. (2015). Desarrollo de un envase activo adicionado con aceites esenciales de cítricos para el control de la podredumbre en fresa. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha* Vol 16(2):222-227.
- Almenar, E. (2005). Envasado activo de fresas silvestres. Valencia, España. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Barnett, H.L. & Hunter, B.B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. The American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota. (USA). 218 p.
- Barrera, E. (2012). Empleo de un recubrimiento formulado con própoeos para el manejo poscosecha de frutos de papaya (*Carica papaya L. cv. Hawaiana*). Colombia. Universidad nacional de Colombia.
- Beltrán, A. (2010). Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C. Ambato, Ecuador. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Alimentos]. Universidad Técnica de Ambato.
- Burt, S. (2004). Essential Oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods. A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253.
- Cáceres, *et al.* (2013). Actividad Antifúngica in vitro de Extractos Acuosaos de Especies contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaría alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma spp.*, *Penicillum digitatum* y *Aspergillus niger*. *Rev. mex. Fitopatol.* Vol 31(2)
- Cano A. y Corales F. (2014). Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe Barbadensis miller*) en la vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*). Nuevo Chimbote, Perú. [Tesis para optar el Título de ingeniero agroindustrial]. Universidad Nacional del Santa.
- Cerga, L. (2014). Efecto inhibidor del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) y *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) en diferentes

concentraciones en comparación con gluconato de clorhexidina al 2 % frente a cepas de *Enterococcus faecalis*. Estudio in vitro. Lima, Perú. [Tesis para optar el Título de Cirujano Dentista]. Universidad Privada Norbert Wiener

- Chambi E. y Puraca K. (2017). Evaluación tecnológica para la extracción del mucilago de la semilla de chía (*Salvia hispánica L.*), y su aplicación como estabilizante en un néctar de fresa. Arequipa, Perú. [Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias]. Universidad Nacional de San Agustín.
- Charri, K. y Huamán, K. (2017). Actividad del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* "Canela" frente a biopelículas de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* inducidas in vitro sobre lentes de contacto blandos. Lima, Perú. [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico]. Universidad Nacional mayor de San Marcos.
- Escalante Varona, A. (2015). Aplicación de un recubrimiento comestible de goma de tara (*Caesalpinia spinosa molina kuntze*) sobre fresas (*Fragaria ananassa cv. aromas*) para prolongar su conservación. Lima, Perú. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Espinosa, M. (2006). Estudio de la variabilidad genética y organización cromosómica en el hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea* (En línea). Tesis para obtener el grado de Doctor. Cádiz, España. Universidad de Cádiz. 223 p. Consultado el 06 de febrero del 2019. Disponible en: <http://minerva.uca.es/publicaciones/asp/docs/tesis/MCarbuEspinosa.pdf>
- Galet, A. (2009). Envases activos que permiten alargar la vida útil de los alimentos. In Transporte y Logística (ITENE)). Instituto Tecnológico del Embalaje.
- García, E. et al. (2006). Actividad Antifúngica de Aceites Esenciales de Canela (*Cinnamomum zeylanicum Blume*) y Orégano (*Origanum vulgare L.*) y su Efecto sobre la Producción de Aflatoxinas en Nuez Pecanera [*Carya illinoensis* (F.A. Wangenh) K. Koch]. Rev. Mex de Fitopatol.; Vol 24(1):8-12.

- García, K. (2017). Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *Cinnamomum Zeylanicum* (canela) sobre el *Fusobacterium nucleatum* ATCC 25586. Trujillo, Perú. [Tesis para optar el grado de maestro]. Universidad Nacional de Trujillo.
- Castro y Lazo
- González, V. (2010). Conservación de Mora, Uvilla y Frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Tesis Bioquímico Farmacéutico. Riobamba, EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de 117 p.
- Koike, ST; Browne, GT; Gordon, TR. 2016. Diseases. In UC IPM Pest Management Guidelines: Strawberry. UC Statewide IPM program. California, USA. p.116
- Luis, A. (2017). Actividad antibacteriana del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en comparación a la clorhexidina al 0.12% sobre cepas de *streptococcus mutans* atcc 25175. estudio *in vitro*. lima 2017. Lima, Perú. [Tesis para optar el título de Cirujano Dentista]. Universidad Privada Norbert Winner.
- Marca, M. (2013). Actividad antimicótica “in vitro” del aceite esencial *Cinnamomum zeylanicum breyn* “canela” frente a *Cándida albicans* ATCC 6538, Tacna, 2012. Tacna, Perú. [Tesis para optar el título de Químico Farmacéutico]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.
- Martínez, A. (2008). Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria ananasa duch.*) de cultivares mexicanos y estadounidenses. Revista Chapingo Serie Horticultura 14(2): 113-119.
- Melo, A. (2017). control de *botrytis cinerea* pers. en fresa (*fragaria x ananassa duch.*) cv. aromas mediante fungicidas biológicos y - químicos en huaral. Lima, Perú. [Tesis para optar el TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MINAG (Ministerio Nacional de Agricultura, PE). (2008). Estudio de la fresa en el Perú y el mundo (en línea). Consultado 25 enero 2019. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.minag.gob.pe/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_fresa.pdf.

- Moreno, H y Patiño N. (2010). Elaboración de un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante a partir de aceite de orégano (*Origanum vulgare*) aplicado a la ensalada primavera mínimamente procesada de la empresa defrescura. Bogotá, Colombia. Consultado 02 feb. 2019. Disponible en <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16052/T43.10%20M815e.pdf?sequence=2>
- Moya y Osorio (2017). Actividad fotoprotectora de formulación tópica a base del extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca* L.(fresa). Lima, Perú. [Tesis para optar el título de químico farmacéutico]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Nunes, M. (2007). Caracterización y procesado de kiwi y fresa cultivados por diferentes sistemas. Tesis Dr. Santiago de Compostela, ES. USC. 257 p.
- Ordoñez, E. (2015). Desarrollo de películas eco – amigables con capacidad antimicrobiana a partir de nanocompositos de acetato de celulosa y aceite esencial de muña (*Minthostachys spicata*). Puno, Perú. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad Nacional del Altiplano.
- Orellana, C. (2018). Caracterización y control del agente causal de la mancha foliar en fresa (*Fragaria ananassa*) en invernadero. Lima, Perú. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Fitopatología]. Universidad Agraria La Molina.
- Quintero, J; Falguera, V; Muñoz, J. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga, 5, 93-118.
- Ramírez, J. (2012). Conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Medellín, Colombia. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez, C. y Luján, M. (2013). Efecto antimicrobiano del aceite esencial y del extracto acuoso de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Cándida albicans* y *Streptococcus mutans*. *Sciéndo* 16(1):68-78.

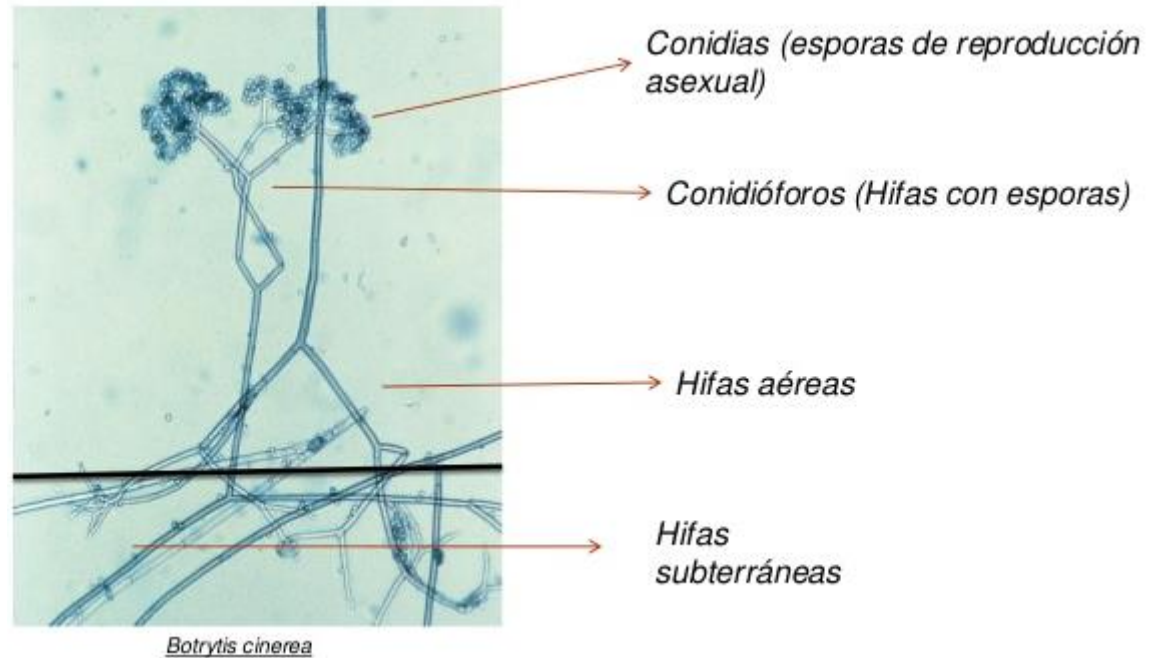
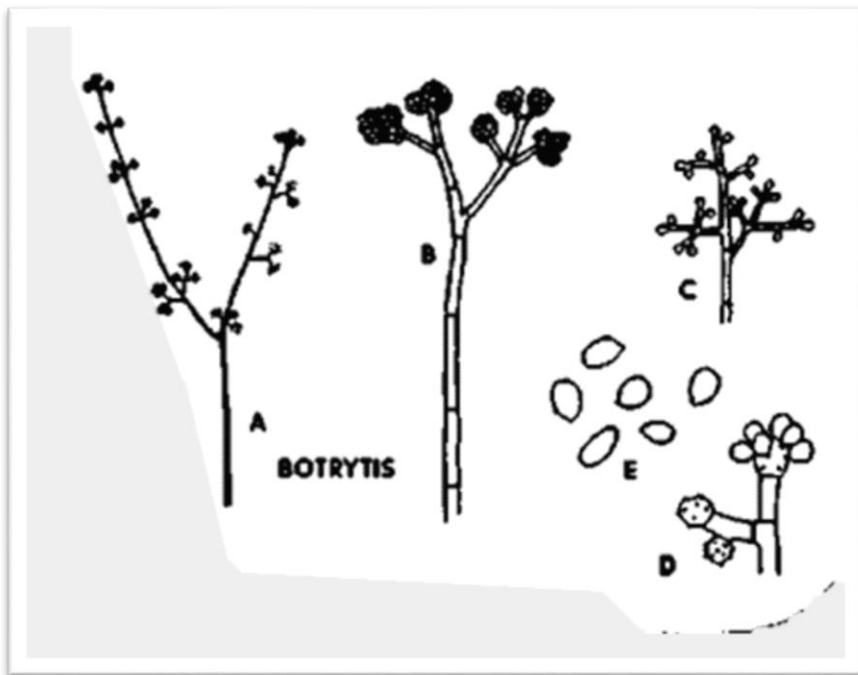
- Trejo M. Ramos K. Pérez C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca L.*) almacenada en refrigeración. Universidad nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Laboratorio de pos cosecha de Productos Vegetales.
- Trejo-Ramírez, V; Trejo-Márquez, M; Pascual-Bustamante, S; LiraVargas. (2015). Extracción de aceite esencial de eucalipto y su aplicación como agente antifúngico en un envase activo para conservación de frambuesa. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16, núm. 2., 228-233.
- Zekaria, D. (2007). Aceites esenciales, Una alternativa de antimicrobianos. In Laboratorios Calier S.A.).

ANEXOS

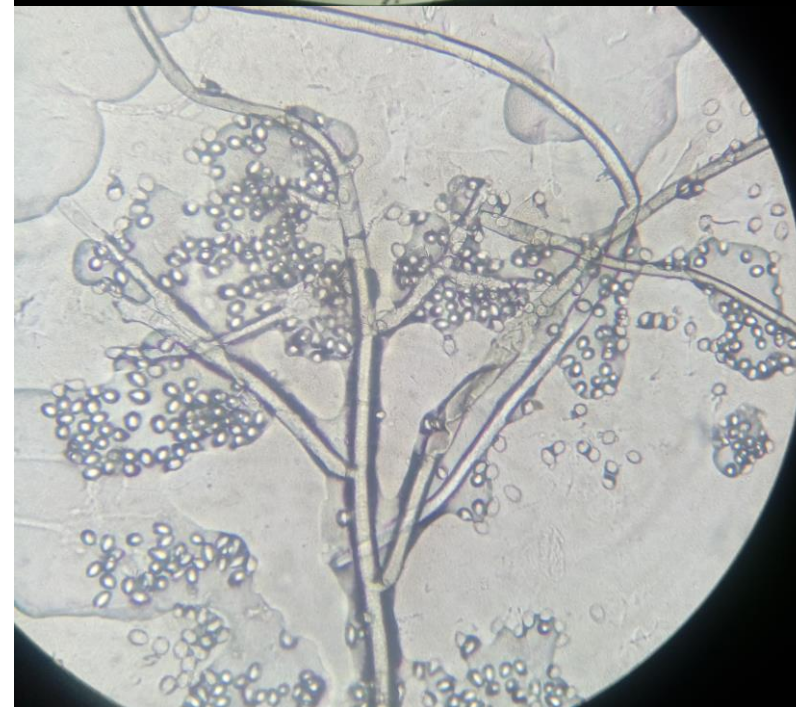
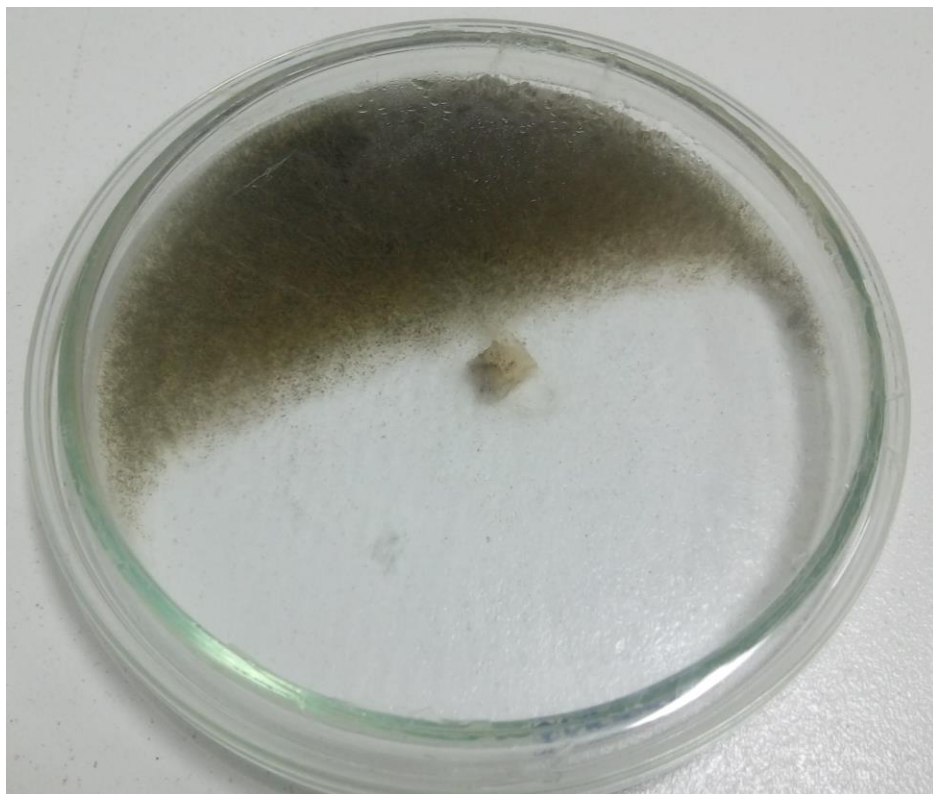
ANEXO 1. Identificación de *Botrytis cinerea* según las claves de Barnett.

***Botrytis cinerea*.** Conidioforos altos, delgados, determinados, hialinos o pigmentados, ramificados irregularmente en la parte superior, células apicales agrandadas o redondeadas, con racimos de conidia simultáneamente en racimos cortos; conidia (botryoblastosporas) hialina o gris en masa, [célula, ovoide; negro irregular esclerotia.

Ilustración: *B. cinerea*; original de la cultura. (A, B) conidioforos y conidia; (C, D) porción superior de conidioforo que muestra células conidiógenas agrandadas; (E) conidia. A menudo presente; causando "moho gris" en muchas plantas o saprofítica (Barnett & Hunter, 1998)



Botrytis cinerea identificado según vista macroscópica
Y microscópica



ANEXO 2. Ficha de Evaluación Sensorial

TEMA DE INVESTIGACIÓN: “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE UN ENVASE ACTIVO EN LA FRESA (*Fragaria spp.*) APLICANDO DIFERENTES PROPORCIONES DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum cassia*)”

TESISTA: Bach. TOMAS VICENTE, José Ignacio

PRODUCTO: Fresa

LUGAR: Laboratorio de Análisis Sensorial de la C.P. Ingeniería Agroindustrial

FECHA: __/__/__

HORA: __:__

Por favor marque con el símbolo “X” el puntaje correspondiente a cada atributo, indicando de acuerdo a la escala que Muy bueno y/o Muy malo se presentan las muestras.

		MUESTRAS																								
		F_C					F_Rc					F_Rc_100					F_Rc_200					F_Rc_300				
PUNTAJE	ATRIBUTOS	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
	Brillo																									
	Color																									
	Olor																									
	Sabor																									

LEYENDA:

5. Muy Bueno

4. Bueno

3. Regular

2. Malo

1. Muy malo

COMENTARIO:.....

ANEXO 3. Variación del crecimiento del *Botrytis cinerea*: control (F_C), 100ppm de Aceite esencial de canela (F_100), 200ppm de Aceite esencial de canela (F_200), 300ppm de Aceite esencial de canela (F_300).

Días	T0 : F_C	T1: F_100	T2: F_200	T3: F_300
1 día	0,40	0,35	0,00	0,10
	0,35	0,45	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,05	0,05
Promedio	0,383	0,417	0,017	0,050
SD	0,029	0,058	0,029	0,050
3 días	1,65	1,15	0,30	0,30
	1,75	1,85	0,35	0,30
	1,55	1,45	0,25	0,15
Promedio	1,65	1,48	0,30	0,25
SD	0,10	0,35	0,05	0,09
6 días	2,90	2,65	0,50	0,25
	2,35	2,15	0,55	0,60
	2,95	2,45	0,50	0,30
Promedio	2,73	2,42	0,52	0,38
SD	0,33	0,25	0,03	0,19
9 días	2,60	2,85	0,35	0,15
	2,80	2,35	0,35	0,60
	2,85	2,25	0,45	0,05
Promedio	2,75	2,48	0,38	0,27
SD	0,13	0,32	0,06	0,29
12 días	1,95	2,15	0,25	0,05
	2,55	1,85	0,15	0,15
	2,25	1,95	0,10	0,00
Promedio	2,25	1,98	0,17	0,07
SD	0,30	0,15	0,08	0,08

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_1	Entre grupos	,407	3	,136	72,296	,000
	Dentro de grupos	,015	8	,002		
	Total	,422	11			
DIA_3	Entre grupos	5,051	3	1,684	46,983	,000
	Dentro de grupos	,287	8	,036		
	Total	5,337	11			
DIA_6	Entre grupos	13,724	3	4,575	86,792	,000
	Dentro de grupos	,422	8	,053		
	Total	14,146	11			
DIA_9	Entre grupos	15,882	3	5,294	100,840	,000
	Dentro de grupos	,420	8	,053		
	Total	16,302	11			
DIA_12	Entre grupos	12,122	3	4,041	129,298	,000
	Dentro de grupos	,250	8	,031		
	Total	12,372	11			

DIA_1

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_200	3	,0167	
F_300	3	,0500	
F_C	3		,3833
F_100	3		,4167
Sig.		,784	,784

DIA_3

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,2500	
F_200	3	,3000	
F_100	3		1,4833
F_C	3		1,6500
Sig.		,987	,711

DIA_6

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,3833	
F_200	3	,5167	
F_100	3		2,4167
F_C	3		2,7333
Sig.		,890	,388

DIA_9

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,2667	
F_200	3	,3833	
F_100	3		2,4833
F_C	3		2,7500
Sig.		,922	,519

DIA_12

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,0667	
F_200	3	,1667	
F_100	3		1,9833
F_C	3		2,2500
Sig.		,897	,320

ANEXO 4. Variación del tamaño del *Botrytis cinerea* durante los 12 días de evaluación: Control (F_C), 100ppm de Aceite esencial de canela (F_1 00), 200ppm de Aceite esencial de canela (F_200), 300ppm de Aceite esencial de canela (F_300).

Días	T0 : F_C	T1: F_100	T2: F_200	T3: F_300
1 día	0,40	0,35	0,00	0,10
	0,35	0,45	0,00	0,00
	0,40	0,45	0,05	0,05
Promedio	0,383	0,417	0,017	0,050
SD	0,029	0,058	0,029	0,050
3 días	2,05	1,50	0,30	0,40
	2,10	2,30	0,35	0,30
	1,95	1,90	0,30	0,20
Promedio	2,03	1,90	0,32	0,30
SD	0,08	0,40	0,03	0,10
6 días	4,95	4,15	0,80	0,65
	4,45	4,45	0,90	0,90
	4,90	4,35	0,80	0,50
Promedio	4,77	4,32	0,83	0,68
SD	0,28	0,15	0,06	0,20
9 días	7,55	7,00	1,15	0,80
	7,25	6,80	1,25	1,50
	7,75	6,60	1,25	0,55
Promedio	7,52	6,80	1,22	0,95
SD	0,25	0,20	0,06	0,49
12 días	9,50	9,15	1,40	0,85
	9,80	8,65	1,40	1,65
	10,00	8,55	1,35	0,55
Promedio	9,77	8,78	1,38	1,02
SD	0,25	0,32	0,03	0,57

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_1	Entre grupos	,407	3	,136	72,296	,000
	Dentro de grupos	,015	8	,002		
	Total	,422	11			
DIA_3	Entre grupos	8,277	3	2,759	62,470	,000
	Dentro de grupos	,353	8	,044		
	Total	8,631	11			
DIA_6	Entre grupos	43,278	3	14,426	402,589	,000
	Dentro de grupos	,287	8	,036		
	Total	43,565	11			
DIA_9	Entre grupos	111,594	3	37,198	426,134	,000
	Dentro de grupos	,698	8	,087		
	Total	112,292	11			
DIA_12	Entre grupos	197,269	3	65,756	535,875	,000
	Dentro de grupos	,982	8	,123		
	Total	198,251	11			

DIA_1

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_200	3	,0167	
F_300	3	,0500	
F_C	3		,3833
F_100	3		,4167
Sig.		,784	,784

DIA_3

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,3000	
F_200	3	,3167	
F_100	3		1,9000
F_C	3		2,0333
Sig.		1,000	,863

DIA_6

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,6833	
F_200	3	,8333	
F_100	3		4,3167
F_C	3		4,7667
Sig.		,769	,075

DIA_9

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_300	3	,9500	
F_200	3	1,2167	
F_100	3		6,8000
F_C	3		7,5167
Sig.		,696	,069

DIA_12

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_300	3	1,0167		
F_200	3	1,3833		
F_100	3		8,7833	
F_C	3			9,7667
Sig.		,598	1,000	1,000

ANEXO 5. ANALISIS ORGANOLÉPTICO DE BRILLO, COLOR, OLOR Y SABOR DE LA FRESCA EN DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

ATRIBUTO	F_C	F_Rc	F_Rc_100	F_Rc_200	F_Rc_300
BRILLO	3	3	4	4	4
	2	3	3	4	4
	2	3	4	3	5
	3	4	3	5	4
	3	3	5	5	4
	3	5	3	3	2
	3	3	5	4	3
	3	3	1	3	4
	3	5	3	4	4
	3	5	4	5	5
	3	5	4	3	4
	2	3	3	4	4
	2	3	4	3	5
	3	5	3	4	4
	3	5	5	5	4
	3	3	3	4	2
	3	3	5	4	3
	3	3	1	3	4
	3	4	3	5	4
	3	3	4	5	5
Promedio	2,80	3,70	3,50	4,00	3,90
SD	0,41	0,92	1,15	0,79	0,85
COLOR	4	5	4	5	5
	3	5	3	4	4
	4	4	3	1	3
	3	4	5	4	3
	4	5	4	4	2
	4	3	4	5	5
	3	4	3	4	5
	1	3	4	3	4
	2	3	4	2	4
	4	4	5	5	3
	4	5	4	5	5
	3	5	3	4	4
	1	4	3	3	3
	2	4	5	2	3
	4	5	4	5	2
	4	3	4	5	5
	3	4	3	4	5
	4	3	4	1	4
	3	3	4	4	4
	4	4	5	4	3
Promedio	3,20	4,00	3,90	3,70	3,80
SD	1,01	0,79	0,72	1,30	1,01

ATRIBUTO	F_C	F_Rc	F_Rc_100	F_Rc_200	F_Rc_300
OLOR	4	4	4	4	4
	3	3	4	3	5
	2	2	4	4	4
	4	3	4	3	3
	4	4	3	4	4
	4	3	3	2	2
	3	4	4	3	4
	4	5	2	1	1
	4	4	4	4	3
	5	4	4	4	5
	4	4	3	4	2
	3	3	4	3	4
	4	2	2	4	1
	4	3	4	3	3
	5	4	4	4	5
	4	3	4	2	4
	3	4	4	3	5
	2	5	4	1	4
	4	4	4	4	3
	4	4	3	4	4
Promedio	3,70	3,60	3,60	3,20	3,50
SD	0,80	0,82	0,68	1,01	1,24
SABOR	5	4	4	4	5
	3	5	4	4	4
	5	4	4	2	1
	4	3	5	4	4
	5	4	4	2	3
	4	4	3	3	5
	1	4	3	3	4
	2	2	3	3	5
	4	3	4	4	5
	3	5	4	4	4
	4	4	3	4	5
	1	5	3	4	4
	2	4	3	2	5
	4	3	4	4	5
	3	4	4	2	4
	5	4	4	3	5
	3	4	4	3	4
	5	2	4	3	1
	4	3	5	4	4
	5	5	4	4	3
Promedio	3,60	3,80	3,80	3,30	4,00
SD	1,31	0,89	0,62	0,80	1,21

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
BRILLO	Entre grupos	18,160	4	4,540	6,144	,000
	Dentro de grupos	70,200	95	,739		
	Total	88,360	99			
COLOR	Entre grupos	7,760	4	1,940	1,995	,102
	Dentro de grupos	92,400	95	,973		
	Total	100,160	99			
OLOR	Entre grupos	2,960	4	,740	,857	,493
	Dentro de grupos	82,000	95	,863		
	Total	84,960	99			
SABOR	Entre grupos	5,600	4	1,400	1,394	,242
	Dentro de grupos	95,400	95	1,004		
	Total	101,000	99			

BRILLO

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_C	20	2,8000	
F_Rc_100	20	3,5000	3,5000
F_Rc	20		3,7000
F_Rc_300	20		3,9000
F_Rc_200	20		4,0000
Sig.		,083	,357

COLOR

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_C	20	3,2000
F_Rc_200	20	3,7000
F_Rc_300	20	3,8000
F_Rc_100	20	3,9000
F_Rc	20	4,0000
Sig.		,085

OLOR

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_200	20	3,2000
F_Rc_300	20	3,5000
F_Rc	20	3,6000
F_Rc_100	20	3,6000
F_C	20	3,7000
Sig.		,438

SABOR

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_200	20	3,3000
F_C	20	3,6000
F_Rc	20	3,8000
F_Rc_100	20	3,8000
F_Rc_300	20	4,0000
Sig.		,185

ANEXO 6. EVALUACIÓN DE LA DUREZA(N) EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F Rc	T2: F Rc_100	T3: F Rc_200	T4: F Rc_300
0 días	1015,00	682,00	730,00	1000,00	838,00
	558,00	916,00	965,00	565,00	934,00
	855,00	953,00	554,00	750,00	623,00
	750,00	850,00	875,00	957,00	859,00
	680,00	729,00	576,00	894,00	697,00
	954,00	971,00	864,00	625,00	945,00
Promedio	802,00	850,17	760,67	798,50	816,00
SD	172,28	120,39	169,27	179,90	129,85
3 días	162,00	624,00	406,00	728,00	632,00
	620,00	622,00	566,00	600,00	524,00
	166,00	548,00	1004,00	376,00	314,00
	248,00	368,00	394,00	414,00	504,00
	284,00	328,00	460,00	526,00	498,00
	598,00	576,00	546,00	450,00	330,00
Promedio	346,33	511,00	562,67	515,67	467,00
SD	208,94	130,09	227,42	131,50	122,46
6 días	748,00	612,00	378,00	312,00	468,00
	578,00	194,00	330,00	408,00	574,00
	520,00	346,00	468,00	474,00	278,00
	574,00	496,00	140,00	640,00	604,00
	338,00	388,00	778,00	414,00	500,00
	306,00	388,00	626,00	432,00	366,00
Promedio	510,67	404,00	453,33	446,67	465,00
SD	165,32	141,21	225,61	108,66	124,26
9	880,00	666,00	584,00	520,00	234,00
	582,00	748,00	516,00	526,00	370,00
	776,00	796,00	756,00	544,00	520,00
	506,00	744,00	728,00	384,00	332,00
	588,00	860,00	640,00	354,00	378,00
	346,00	762,00	526,00	314,00	338,00
Promedio	613,00	762,67	625,00	440,33	362,00
SD	190,88	64,02	101,35	101,01	92,89
12	810,00	676,00	846,00	252,00	230,00
	836,00	302,00	850,00	434,00	184,00
	814,00	564,00	540,00	204,00	338,00
	1018,00	130,00	472,00	238,00	376,00
	606,00	714,00	622,00	338,00	280,00
	584,00	578,00	472,00	156,00	358,00
Promedio	778,00	494,00	633,67	270,33	294,33
SD	161,56	229,28	174,97	100,22	76,35

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	25059,800	4	6264,950	,257	,903
	Dentro de grupos	610261,667	25	24410,467		
	Total	635321,467	29			
DIA_3	Entre grupos	162607,467	4	40651,867	1,406	,261
	Dentro de grupos	722944,000	25	28917,760		
	Total	885551,467	29			
DIA_6	Entre grupos	35205,867	4	8801,467	,351	,841
	Dentro de grupos	627110,000	25	25084,400		
	Total	662315,867	29			
DIA_9	Entre grupos	609780,533	4	152445,133	10,945	,000
	Dentro de grupos	348196,667	25	13927,867		
	Total	957977,200	29			
DIA_12	Entre grupos	1140337,867	4	285084,467	11,389	,000
	Dentro de grupos	625778,000	25	25031,120		
	Total	1766115,867	29			

DIA_0HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_100	6	760,6667
F_Rc_200	6	798,5000
F_C	6	802,0000
F_Rc_300	6	816,0000
F_Rc	6	850,1667
Sig.		,856

DIA_3HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_C	6	346,3333
F_Rc_300	6	467,0000
F_Rc	6	511,0000
F_Rc_200	6	515,6667
F_Rc_100	6	562,6667
Sig.		,211

DIA_6HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc	6	404,0000
F_Rc_200	6	446,6667
F_Rc_100	6	453,3333
F_Rc_300	6	465,0000
F_C	6	510,6667
Sig.		,770

DIA_9HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_300	6	362,0000		
F_Rc_200	6	440,3333	440,3333	
F_C	6		613,0000	613,0000
F_Rc_100	6		625,0000	625,0000
F_Rc	6			762,6667
Sig.		,779	,081	,214

DIA_12HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_200	6	270,3333		
F_Rc_300	6	294,3333		
F_Rc	6	494,0000	494,0000	
F_Rc_100	6		633,6667	633,6667
F_C	6			778,0000
Sig.		,135	,554	,523

ANEXO 7. EVALUACIÓN DEL PESO (GRAMOS) EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
1 día	27,53	28,64	29,33	28,75	28,57
	28,86	29,34	29,87	28,79	29,35
	28,34	29,96	28,51	29,36	28,59
Promedio	28,24	29,31	29,24	28,97	28,84
SD	0,67	0,66	0,68	0,34	0,44
3 días	26,76	27,55	28,04	27,51	27,06
	27,91	28,02	28,32	27,32	27,65
	27,69	29,06	27,46	28,30	27,22
Promedio	27,45	28,21	27,94	27,71	27,31
SD	0,61	0,77	0,44	0,52	0,31
6 días	25,55	25,87	26,05	26,82	26,20
	26,51	26,11	26,11	26,57	26,62
	26,58	27,52	25,73	27,45	26,33
Promedio	26,22	26,50	25,96	26,95	26,38
SD	0,57	0,89	0,21	0,45	0,22
9 días	24,41	24,11	24,02	26,57	25,97
	25,16	24,73	24,46	26,98	27,00
	25,44	25,84	23,90	27,33	26,16
Promedio	25,00	24,89	24,13	26,96	26,38
SD	0,53	0,88	0,30	0,38	0,55
12 días	23,14	22,83	22,50	25,78	24,89
	24,00	23,17	22,73	25,44	25,30
	24,27	24,08	22,03	26,15	24,74
Promedio	23,80	23,36	22,42	25,79	24,98
SD	0,59	0,65	0,35	0,36	0,29

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	2,166	4	,541	1,623	,243
	Dentro de grupos	3,337	10	,334		
	Total	5,503	14			
DIA_3	Entre grupos	1,583	4	,396	1,297	,335
	Dentro de grupos	3,051	10	,305		
	Total	4,634	14			
DIA_6	Entre grupos	1,604	4	,401	1,412	,299
	Dentro de grupos	2,839	10	,284		
	Total	4,443	14			
DIA_9	Entre grupos	16,191	4	4,048	12,778	,001
	Dentro de grupos	3,168	10	,317		
	Total	19,359	14			
DIA_12	Entre grupos	21,234	4	5,309	24,056	,000
	Dentro de grupos	2,207	10	,221		
	Total	23,441	14			

DIA_0			DIA_3		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
F_C	3	28,2433	F_Rc_300	3	27,3100
F_Rc_300	3	28,8367	F_C	3	27,4533
F_Rc_200	3	28,9667	F_Rc_200	3	27,7100
F_Rc_100	3	29,2367	F_Rc_100	3	27,9400
F_Rc	3	29,3133	F_Rc	3	28,2100
Sig.		,232	Sig.		,333

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_100	3	25,9633
F_C	3	26,2133
F_Rc_300	3	26,3833
F_Rc	3	26,5000
F_Rc_200	3	26,9467
Sig.		,234

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_100	3	24,1267		
F_Rc	3	24,8933	24,8933	
F_C	3	25,0033	25,0033	
F_Rc_300	3		26,3767	26,3767
F_Rc_200	3			26,9600
Sig.		,372	,055	,714

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
F_Rc_100	3	22,4200			
F_Rc	3	23,3600	23,3600		
F_C	3		23,8033	23,8033	
F_Rc_300	3			24,9767	24,9767
F_Rc_200	3				25,7900
Sig.		,179	,775	,072	,283

ANEXO 8. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE PERDIDA DE PESO (%) EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Promedio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 días	2,80	3,80	4,40	4,30	5,30
	3,30	4,50	5,20	5,10	5,80
	2,30	3,00	3,70	3,60	4,80
Promedio	2,80	3,77	4,43	4,33	5,30
SD	0,50	0,75	0,75	0,75	0,50
6 días	7,17	9,67	11,19	6,70	8,30
	8,14	10,99	12,59	7,70	9,30
	6,21	8,14	9,77	6,50	7,90
Promedio	7,17	9,60	11,18	6,97	8,50
SD	0,96	1,43	1,41	0,64	0,72
9 días	11,35	15,81	18,11	7,60	9,10
	12,82	15,71	18,10	6,30	8,00
	10,24	13,74	16,17	6,90	8,50
Promedio	11,47	15,09	17,46	6,93	8,53
SD	1,29	1,17	1,12	0,65	0,55
12 días	15,96	20,27	23,27	10,33	12,88
	16,83	21,02	23,92	11,65	13,81
	14,37	19,61	22,71	10,93	13,46
Promedio	15,72	20,30	23,30	10,97	13,38
SD	1,25	0,71	0,60	0,66	0,47

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	,000	4	,000		
	Dentro de grupos	,000	10	,000		
	Total	,000	14			
DIA_3	Entre grupos	10,209	4	2,552	5,827	,011
	Dentro de grupos	4,380	10	,438		
	Total	14,589	14			
DIA_6	Entre grupos	37,053	4	9,263	7,867	,004
	Dentro de grupos	11,774	10	1,177		
	Total	48,827	14			
DIA_9	Entre grupos	231,767	4	57,942	57,799	,000
	Dentro de grupos	10,025	10	1,002		
	Total	241,791	14			
DIA_12	Entre grupos	303,923	4	75,981	123,428	,000
	Dentro de grupos	6,156	10	,616		
	Total	310,079	14			

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_C	3	2,8000	
F_Rc	3	3,7667	3,7667
F_Rc_200	3	4,3333	4,3333
F_Rc_100	3	4,4333	4,4333
F_Rc_300	3		5,3000
Sig.		,076	,101

DIA_12

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_200	3	6,9667	
F_C	3	7,1733	
F_Rc_300	3	8,5000	8,5000
F_Rc	3	9,6000	9,6000
F_Rc_100	3		11,1833
Sig.		,082	,075

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_200	3	6,9333		
F_Rc_300	3	8,5333		
F_C	3		11,4700	
F_Rc	3			15,0867
F_Rc_100	3			17,4600
Sig.		,350	1,000	,091

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
F_Rc_200	3	10,9700				
F_Rc_300	3		13,3833			
F_C	3			15,7200		
F_Rc	3				20,3000	
F_Rc_100	3					23,3000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

ANEXO 9.1. EVALUACIÓN DEL COLOR L* EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	32,10	32,90	35,10	32,50	33,90
	30,10	29,10	32,50	33,70	33,50
	28,90	32,70	35,10	33,60	31,40
Promedio	30,37	31,57	34,23	33,27	32,93
SD	1,62	2,14	1,50	0,67	1,34
3 días	28,80	28,60	27,70	29,20	30,60
	28,40	29,30	29,60	28,90	30,00
	28,10	28,10	28,80	29,60	30,20
Promedio	28,43	28,67	28,70	29,23	30,27
SD	0,35	0,60	0,95	0,35	0,31
6 días	31,80	28,30	31,90	30,20	34,80
	33,20	30,20	33,70	31,30	33,50
	29,50	28,60	32,20	33,70	34,20
Promedio	31,50	29,03	32,60	31,73	34,17
SD	1,87	1,02	0,96	1,79	0,65
9 días	29,40	31,40	31,70	32,20	28,00
	28,80	33,50	34,30	35,80	26,60
	34,60	36,40	33,40	33,40	32,70
Promedio	30,93	33,77	33,13	33,80	29,10
SD	3,19	2,51	1,32	1,83	3,20
12 días	33,20	32,30	29,50	33,60	33,40
	34,80	34,00	31,70	31,70	35,40
	34,00	29,10	27,90	32,50	36,80
Promedio	34,00	31,80	29,70	32,60	35,20
SD	0,80	2,49	1,91	0,95	1,71

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	27,596	4	6,899	2,952	,075
	Dentro de grupos	23,373	10	2,337		
	Total	50,969	14			
DIA_3	Entre grupos	6,489	4	1,622	5,028	,018
	Dentro de grupos	3,227	10	,323		
	Total	9,716	14			
DIA_6	Entre grupos	41,969	4	10,492	5,771	,011
	Dentro de grupos	18,180	10	1,818		
	Total	60,149	14			
DIA_9	Entre grupos	51,257	4	12,814	2,015	,168
	Dentro de grupos	63,580	10	6,358		
	Total	114,837	14			
DIA_12	Entre grupos	53,256	4	13,314	4,655	,022
	Dentro de grupos	28,600	10	2,860		
	Total	81,856	14			

DIA_0			DIA_9		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
F_C	3	30,3667	F_Rc_300	3	29,1000
F_Rc	3	31,5667	F_C	3	30,9333
F_Rc_300	3	32,9333	F_Rc_100	3	33,1333
F_Rc_200	3	33,2667	F_Rc	3	33,7667
F_Rc_100	3	34,2333	F_Rc_200	3	33,8000
Sig.		,067	Sig.		,227

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_C	3	28,4333	
F_Rc	3	28,6667	
F_Rc_100	3	28,7000	
F_Rc_200	3	29,2333	29,2333
F_Rc_300	3		30,2667
Sig.		,462	,245

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc	3	29,0333	
F_C	3	31,5000	31,5000
F_Rc_200	3	31,7333	31,7333
F_Rc_100	3	32,6000	32,6000
F_Rc_300	3		34,1667
Sig.		,054	,186

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_100	3	29,7000	
F_Rc	3	31,8000	31,8000
F_Rc_200	3	32,6000	32,6000
F_C	3	34,0000	34,0000
F_Rc_300	3		35,2000
Sig.		,066	,176

ANEXO 9.2. EVALUACIÓN DEL COLOR a* EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	29,50	29,80	35,00	31,20	33,80
	33,50	36,60	31,30	34,30	34,30
	31,80	30,30	32,60	37,20	32,30
Promedio	31,60	32,23	32,97	34,23	33,47
SD	2,01	3,79	1,88	3,00	1,04
3 días	29,90	33,10	28,70	31,90	33,40
	32,80	31,50	34,80	32,20	32,70
	33,80	31,10	33,60	34,30	32,20
Promedio	32,17	31,90	32,37	32,80	32,77
SD	2,03	1,06	3,23	1,31	0,60
6 días	27,30	33,20	29,10	33,40	34,80
	26,10	29,80	32,50	28,40	35,40
	26,90	26,30	31,40	26,50	28,40
Promedio	26,77	29,77	31,00	29,43	32,87
SD	0,61	3,45	1,73	3,56	3,88
9 días	35,60	24,80	34,50	30,60	32,90
	32,40	24,30	31,70	35,30	28,00
	35,60	30,50	34,80	34,00	31,00
Promedio	34,53	26,53	33,67	33,30	30,63
SD	1,85	3,44	1,71	2,43	2,47
12 días	35,60	26,70	28,90	30,90	29,70
	28,20	31,80	32,40	32,20	30,30
	31,40	35,40	35,20	34,20	31,70
Promedio	31,73	31,30	32,17	32,43	30,57
SD	3,71	4,37	3,16	1,66	1,03

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	12,713	4	3,178	,497	,739
	Dentro de grupos	64,007	10	6,401		
	Total	76,720	14			
DIA_3	Entre grupos	1,800	4	,450	,127	,969
	Dentro de grupos	35,480	10	3,548		
	Total	37,280	14			
DIA_6	Entre grupos	60,127	4	15,032	1,746	,216
	Dentro de grupos	86,087	10	8,609		
	Total	146,213	14			
DIA_9	Entre grupos	126,847	4	31,712	5,251	,015
	Dentro de grupos	60,387	10	6,039		
	Total	187,233	14			
DIA_12	Entre grupos	6,549	4	1,637	,175	,946
	Dentro de grupos	93,327	10	9,333		
	Total	99,876	14			

DIA_0			DIA_3		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1
F_C	3	31,6000	F_Rc	3	31,9000
F_Rc	3	32,2333	F_C	3	32,1667
F_Rc_100	3	32,9667	F_Rc_100	3	32,3667
F_Rc_300	3	33,4667	F_Rc_300	3	32,7667
F_Rc_200	3	34,2333	F_Rc_200	3	32,8000
Sig.		,711	Sig.		,974

DIA_6		
HSD Tukey ^a		
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_C	3	26,7667
F_Rc_200	3	29,4333
F_Rc	3	29,7667
F_Rc_100	3	31,0000
F_Rc_300	3	32,8667
Sig.		,156

DIA_12		
HSD Tukey ^a		
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_300	3	30,5667
F_Rc	3	31,3000
F_C	3	31,7333
F_Rc_100	3	32,1667
F_Rc_200	3	32,4333
Sig.		,940

DIA_9			
HSD Tukey ^a			
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc	3	26,5333	
F_Rc_300	3	30,6333	30,6333
F_Rc_200	3		33,3000
F_Rc_100	3		33,6667
F_C	3		34,5333
Sig.		,314	,356

ANEXO 9.3. EVALUACIÓN DEL COLOR b* EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	21,60	22,90	22,30	17,80	22,10
	20,00	20,70	21,50	22,50	19,40
	22,10	17,90	22,10	20,90	18,70
Promedio	21,23	20,50	21,97	20,40	20,07
SD	1,10	2,51	0,42	2,39	1,80
3 días	16,10	14,70	10,90	15,30	15,50
	17,50	15,40	15,30	15,30	18,80
	14,50	11,30	16,60	12,10	16,70
Promedio	16,03	13,80	14,27	14,23	17,00
SD	1,50	2,19	2,99	1,85	1,67
6 días	11,50	13,50	13,80	12,80	13,50
	15,50	12,30	16,10	12,60	15,60
	8,10	12,50	9,60	17,00	13,10
Promedio	11,70	12,77	13,17	14,13	14,07
SD	3,70	0,64	3,30	2,48	1,34
9 días	18,30	20,00	18,70	21,70	16,80
	21,80	18,50	16,40	21,90	25,40
	21,90	16,50	20,40	18,30	16,20
Promedio	20,67	18,33	18,50	20,63	19,47
SD	2,05	1,76	2,01	2,02	5,15
12 días	23,60	22,10	17,30	18,30	15,40
	24,80	20,40	20,10	15,40	17,30
	27,80	15,00	15,20	13,10	13,50
Promedio	25,40	19,17	17,53	15,60	15,40
SD	2,16	3,71	2,46	2,61	1,90

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	6,993	4	1,748	,527	,719
	Dentro de grupos	33,180	10	3,318		
	Total	40,173	14			
DIA_3	Entre grupos	22,833	4	5,708	1,286	,339
	Dentro de grupos	44,380	10	4,438		
	Total	67,213	14			
DIA_6	Entre grupos	12,167	4	3,042	,461	,763
	Dentro de grupos	65,947	10	6,595		
	Total	78,113	14			
DIA_9	Entre grupos	15,017	4	3,754	,448	,772
	Dentro de grupos	83,807	10	8,381		
	Total	98,824	14			
DIA_12	Entre grupos	200,811	4	50,203	7,199	,005
	Dentro de grupos	69,733	10	6,973		
	Total	270,544	14			

DIA_0			DIA_3		
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
F_Rc_300	3	20,0667	F_Rc	3	13,8000
F_Rc_200	3	20,4000	F_Rc_200	3	14,2333
F_Rc	3	20,5000	F_Rc_100	3	14,2667
F_C	3	21,2333	F_C	3	16,0333
F_Rc_100	3	21,9667	F_Rc_300	3	17,0000
Sig.		,710	Sig.		,395

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
F_C	3	11,7000
F_Rc	3	12,7667
F_Rc_100	3	13,1667
F_Rc_300	3	14,0667
F_Rc_200	3	14,1333
Sig.		,772

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
F_Rc	3	18,3333
F_Rc_100	3	18,5000
F_Rc_300	3	19,4667
F_Rc_200	3	20,6333
F_C	3	20,6667
Sig.		,855

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_300	3	15,4000	
F_Rc_200	3	15,6000	
F_Rc_100	3	17,5333	
F_Rc	3	19,1667	19,1667
F_C	3		25,4000
Sig.		,451	,093

ANEXO 9.4. EVALUACIÓN DEL COLOR ΔE^* EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Promedio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 días	5,63	6,57	13,54	6,93	11,16
	4,39	5,63	8,32	7,02	10,92
	7,44	9,90	7,66	9,07	10,99
Promedio	5,82	7,37	9,84	7,67	11,03
SD	1,53	2,24	3,22	1,21	0,12
6 días	10,74	7,78	9,33	8,24	6,96
	8,43	8,66	5,91	9,94	4,90
	13,98	10,39	12,63	8,46	8,71
Promedio	11,05	8,95	9,29	8,88	6,85
SD	2,78	1,33	3,36	0,92	1,91
9 días	5,05	7,45	4,41	4,00	5,94
	1,85	8,41	5,71	3,13	9,92
	5,86	6,51	2,55	2,12	4,59
Promedio	4,25	7,46	4,22	3,08	6,82
SD	2,12	0,95	1,59	0,94	2,77
12 días	5,44	5,81	7,79	3,95	6,02
	6,63	2,47	3,20	5,62	4,88
	7,51	6,81	9,53	7,34	7,82
Promedio	6,53	5,03	6,84	5,64	6,24
SD	1,04	2,27	3,27	1,69	1,49

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	,000	4	,000		
	Dentro de grupos	,000	10	,000		
	Total	,000	14			
DIA_3	Entre grupos	51,577	4	12,894	3,350	,055
	Dentro de grupos	38,487	10	3,849		
	Total	90,064	14			
DIA_6	Entre grupos	26,694	4	6,674	1,318	,328
	Dentro de grupos	50,637	10	5,064		
	Total	77,331	14			
DIA_9	Entre grupos	42,093	4	10,523	3,192	,062
	Dentro de grupos	32,970	10	3,297		
	Total	75,063	14			
DIA_12	Entre grupos	6,296	4	1,574	,358	,833
	Dentro de grupos	44,018	10	4,402		
	Total	50,314	14			

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_200	3	3,0833
F_Rc_100	3	4,2233
F_C	3	4,2533
F_Rc_300	3	6,8167
F_Rc	3	7,4567
Sig.		,085

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc	3	5,0300
F_Rc_200	3	5,6367
F_Rc_300	3	6,2400
F_C	3	6,5267
F_Rc_100	3	6,8400
Sig.		,824

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_C	3	5,8200
F_Rc	3	7,3667
F_Rc_200	3	7,6733
F_Rc_100	3	9,8400
F_Rc_300	3	11,0233
Sig.		,053

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_300	3	6,8567
F_Rc_200	3	8,8800
F_Rc	3	8,9433
F_Rc_100	3	9,2900
F_C	3	11,0500
Sig.		,227

ANEXO 10. EVALUACIÓN DEL pH EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_C	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	3,50	3,50	3,45	3,51	3,44
	3,56	3,40	3,50	3,56	3,59
	3,55	3,45	3,56	3,45	3,42
Promedio	3,54	3,45	3,50	3,51	3,48
SD	0,03	0,05	0,06	0,06	0,09
3 días	3,83	3,77	3,73	3,76	3,68
	3,86	3,75	3,79	3,79	3,65
	3,75	3,68	3,69	3,81	3,69
Promedio	3,81	3,73	3,74	3,79	3,67
SD	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02
6 días	3,71	3,68	3,72	3,68	3,78
	3,75	3,74	3,75	3,69	3,79
	3,69	3,75	3,76	3,75	3,75
Promedio	3,72	3,78	3,74	3,71	3,77
SD	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02
9 días	3,70	3,80	3,80	3,90	3,75
	3,75	3,85	3,84	3,89	3,80
	3,74	3,83	3,79	3,95	3,84
Promedio	3,73	3,83	3,81	3,91	3,80
SD	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
12 días	3,87	3,88	3,93	3,95	3,90
	3,88	3,93	3,94	4,02	3,89
	3,83	3,96	3,89	3,93	3,92
Promedio	3,86	3,92	3,92	3,97	3,90
SD	0,03	0,04	0,03	0,05	0,02

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_200	3	3,7067
F_C	3	3,7167
F_Rc	3	3,7233
F_Rc_100	3	3,7433
F_Rc_300	3	3,7733
Sig.		,129

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_C	3	3,7300		
F_Rc_300	3	3,7967	3,7967	
F_Rc_100	3	3,8100	3,8100	
F_Rc	3		3,8267	
F_Rc_200	3			3,9133
Sig.		,071	,778	1,000

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	,012	4	,003	,843	,529
	Dentro de grupos	,036	10	,004		
	Total	,049	14			
DIA_3	Entre grupos	,035	4	,009	4,831	,020
	Dentro de grupos	,018	10	,002		
	Total	,053	14			
DIA_6	Entre grupos	,008	4	,002	2,239	,137
	Dentro de grupos	,009	10	,001		
	Total	,018	14			
DIA_9	Entre grupos	,052	4	,013	12,788	,001
	Dentro de grupos	,010	10	,001		
	Total	,062	14			
DIA_12	Entre grupos	,018	4	,004	4,039	,033
	Dentro de grupos	,011	10	,001		
	Total	,029	14			

DIA_0

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc	3	3,4500
F_Rc_300	3	3,4833
F_Rc_100	3	3,5033
F_Rc_200	3	3,5067
F_C	3	3,5367
Sig.		,445

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_300	3	3,6733	
F_Rc	3	3,7333	3,7333
F_Rc_100	3	3,7367	3,7367
F_Rc_200	3	3,7867	3,7867
F_C	3		3,8133
Sig.		,053	,221

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_C	3	3,8600	
F_Rc_300	3	3,9033	3,9033
F_Rc_100	3	3,9200	3,9200
F_Rc	3	3,9233	3,9233
F_Rc_200	3		3,9667
Sig.		,210	,210

ANEXO 11. EVALUACIÓN DE LOS °BRIX EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_Control	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	11,50	10,60	10,00	11,30	9,90
	10,50	11,20	10,60	10,60	10,30
	9,90	10,40	10,40	10,50	11,40
Promedio	10,63	10,73	10,33	10,80	10,53
SD	0,81	0,42	0,31	0,44	0,78
3 días	15,70	13,30	12,90	13,60	13,20
	15,50	14,10	12,80	12,70	13,40
	15,90	13,90	12,40	12,90	13,80
Promedio	15,70	13,77	12,70	13,07	13,47
SD	0,20	0,42	0,26	0,47	0,31
6 días	14,50	13,80	14,40	12,80	16,00
	14,50	13,20	14,30	13,00	15,60
	14,90	13,70	14,00	12,40	15,70
Promedio	14,63	13,57	14,23	12,73	15,77
SD	0,23	0,32	0,21	0,31	0,21
9 días	12,20	12,00	12,10	12,50	12,10
	12,20	12,50	12,60	13,80	11,30
	12,60	12,70	12,70	13,40	11,70
Promedio	12,33	12,40	12,47	13,23	11,70
SD	0,23	0,36	0,32	0,67	0,40
12 días	11,80	12,20	11,90	12,50	11,50
	11,50	12,10	11,70	13,10	11,30
	12,10	11,80	12,10	12,70	10,90
Promedio	11,80	12,03	11,90	12,77	11,23
SD	0,30	0,21	0,20	0,31	0,31

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	,403	4	,101	,294	,875
	Dentro de grupos	3,427	10	,343		
	Total	3,829	14			
DIA_3	Entre grupos	16,356	4	4,089	34,075	,000
	Dentro de grupos	1,200	10	,120		
	Total	17,556	14			
DIA_6	Entre grupos	15,584	4	3,896	57,861	,000
	Dentro de grupos	,673	10	,067		
	Total	16,257	14			
DIA_9	Entre grupos	3,569	4	,892	5,013	,018
	Dentro de grupos	1,780	10	,178		
	Total	5,349	14			
DIA_12	Entre grupos	3,637	4	,909	12,630	,001
	Dentro de grupos	,720	10	,072		
	Total	4,357	14			

DIA_0

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
F_Rc_100	3	10,3333	
F_Rc_300	3	10,5333	
F_C	3	10,6333	
F_Rc	3	10,7333	
F_Rc_200	3	10,8000	
Sig.		,860	

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_100	3	12,7000		
F_Rc_200	3	13,0667	13,0667	
F_Rc_300	3	13,4667	13,4667	
F_Rc	3		13,7667	
F_C	3			15,7000
Sig.		,122	,173	1,000

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
F_Rc_200	3	12,7333			
F_Rc	3		13,5667		
F_Rc_100	3		14,2333	14,2333	
F_C	3			14,6333	
F_Rc_300	3				15,7667
Sig.		1,000	,063	,382	1,000

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_300	3	11,7000	
F_C	3	12,3333	12,3333
F_Rc	3	12,4000	12,4000
F_Rc_100	3	12,4667	12,4667
F_Rc_200	3		13,2333
Sig.		,246	,141

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_300	3	11,2333		
F_C	3	11,8000	11,8000	
F_Rc_100	3	11,9000	11,9000	
F_Rc	3		12,0333	
F_Rc_200	3			12,7667
Sig.		,073	,820	1,000

ANEXO 12. EVALUACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_Control	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	1,06	1,03	1,06	1,00	1,19
	1,06	1,00	1,16	1,12	1,03
	1,19	1,12	1,09	1,16	1,12
Promedio	1,10	1,05	1,10	1,09	1,11
SD	0,07	0,07	0,05	0,08	0,08
3 días	1,25	1,35	1,35	1,32	1,38
	1,22	1,19	1,28	1,03	1,44
	1,25	1,22	1,38	1,19	1,51
Promedio	1,24	1,25	1,34	1,18	1,44
SD	0,02	0,08	0,05	0,14	0,06
6 días	1,44	1,38	1,48	1,38	1,54
	1,44	1,35	1,51	1,44	1,44
	1,51	1,38	1,41	1,35	1,57
Promedio	1,47	1,48	1,48	1,50	1,41
SD	0,04	0,02	0,05	0,05	0,07
9 días	1,57	1,54	1,54	1,44	1,38
	1,44	1,41	1,38	1,48	1,35
	1,38	1,48	1,51	1,57	1,51
Promedio	1,47	1,48	1,48	1,50	1,41
SD	0,10	0,06	0,08	0,07	0,08
12 días	1,51	1,54	1,51	1,64	1,51
	1,64	1,67	1,38	1,67	1,57
	1,61	1,57	1,64	1,57	1,64
Promedio	1,58	1,59	1,51	1,63	1,57
SD	0,07	0,07	0,13	0,05	0,06

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	,007	4	,002	,364	,829
	Dentro de grupos	,051	10	,005		
	Total	,058	14			
DIA_3	Entre grupos	,125	4	,031	4,398	,026
	Dentro de grupos	,071	10	,007		
	Total	,196	14			
DIA_6	Entre grupos	,044	4	,011	4,820	,020
	Dentro de grupos	,023	10	,002		
	Total	,066	14			
DIA_9	Entre grupos	,012	4	,003	,454	,767
	Dentro de grupos	,065	10	,007		
	Total	,077	14			
DIA_12	Entre grupos	,022	4	,005	,831	,535
	Dentro de grupos	,066	10	,007		
	Total	,088	14			

DIA_0

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc	3	1,0500
F_Rc_200	3	1,0933
F_C	3	1,1033
F_Rc_100	3	1,1033
F_Rc_300	3	1,1133
Sig.		,810

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_200	3	1,1800	
F_C	3	1,2400	1,2400
F_Rc	3	1,2533	1,2533
F_Rc_100	3	1,3367	1,3367
F_Rc_300	3		1,4433
Sig.		,229	,084

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_300	3	1,4133
F_C	3	1,4633
F_Rc	3	1,4767
F_Rc_100	3	1,4767
F_Rc_200	3	1,4967
Sig.		,717

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc	3	1,3700	
F_Rc_200	3	1,3900	1,3900
F_C	3	1,4633	1,4633
F_Rc_100	3	1,4667	1,4667
F_Rc_300	3		1,5167
Sig.		,169	,052

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_100	3	1,5100
F_Rc_300	3	1,5733
F_C	3	1,5867
F_Rc	3	1,5933
F_Rc_200	3	1,6267
Sig.		,445

ANEXO 13. EVALUACIÓN DEL INDICE DE MADUREZ EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_Control	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	10,85	10,32	9,44	11,35	8,33
	9,91	11,25	9,17	9,43	10,03
	8,33	9,26	9,53	9,08	10,15
Promedio	9,70	10,28	9,38	9,96	9,50
SD	1,27	1,00	0,19	1,22	1,01
3 días	12,54	9,86	9,57	10,33	9,56
	12,70	11,87	9,97	12,36	9,27
	12,70	11,39	8,98	10,86	9,15
Promedio	12,65	11,04	9,51	11,18	9,33
SD	0,09	1,05	0,50	1,05	0,21
6 días	10,04	10,00	9,75	9,27	10,38
	10,04	9,79	9,48	9,00	10,80
	9,87	9,92	9,91	9,20	9,98
Promedio	9,98	9,90	9,71	9,16	10,39
SD	0,09	0,11	0,22	0,14	0,41
9 días	7,76	7,79	7,85	8,65	8,76
	8,44	8,85	9,13	9,34	8,38
	9,13	8,60	8,42	8,52	7,75
Promedio	8,44	8,41	8,46	8,84	8,30
SD	0,69	0,56	0,64	0,44	0,51
12 días	7,82	7,92	7,89	7,63	7,62
	7,02	7,25	8,47	7,85	7,18
	7,54	7,50	7,39	8,07	6,66
Promedio	7,46	7,56	7,92	7,85	7,15
SD	0,40	0,34	0,54	0,22	0,48

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	1,556	4	,389	,376	,821
	Dentro de grupos	10,356	10	1,036		
	Total	11,912	14			
DIA_3	Entre grupos	22,322	4	5,580	11,110	,001
	Dentro de grupos	5,023	10	,502		
	Total	27,345	14			
DIA_6	Entre grupos	2,417	4	,604	11,809	,001
	Dentro de grupos	,512	10	,051		
	Total	2,929	14			
DIA_9	Entre grupos	,498	4	,125	,379	,818
	Dentro de grupos	3,284	10	,328		
	Total	3,782	14			
DIA_12	Entre grupos	1,149	4	,287	1,688	,229
	Dentro de grupos	1,702	10	,170		
	Total	2,851	14			

DIA_0

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
F_Rc_100	3	9,3800	
F_Rc_300	3	9,5033	
F_C	3	9,6967	
F_Rc_200	3	9,9533	
F_Rc	3	10,2767	
Sig.		,813	

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_300	3	9,3267	
F_Rc_100	3	9,5067	
F_Rc	3	11,0400	11,0400
F_Rc_200	3	11,1833	11,1833
F_C	3		12,6467
Sig.		,057	,110

DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
F_Rc_300	3	8,2967	
F_Rc	3	8,4133	
F_C	3	8,4433	
F_Rc_100	3	8,4667	
F_Rc_200	3	8,8367	
Sig.		,776	

DIA_12

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
F_Rc_300	3	7,1533	
F_C	3	7,4600	
F_Rc	3	7,5567	
F_Rc_200	3	7,8500	
F_Rc_100	3	7,9167	
Sig.		,232	

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F_Rc_200	3	9,1567		
F_Rc_100	3	9,7133	9,7133	
F_Rc	3		9,9033	9,9033
F_C	3		9,9833	9,9833
F_Rc_300	3			10,3867
Sig.		,077	,606	,140

ANEXO 14. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (GRAMOS) EN LA FRESA A DIFERENTES TRATAMIENTOS: F_C (Fresa control), F_Rc (Fresa con recubrimiento), F_Rc_100 (Fresa con recubrimiento + 100 ppm de AEC), F_Rc_200 (Fresa con recubrimiento + 200 ppm de AEC) y F_Rc_300 (Fresa con recubrimiento + 300 ppm de AEC).

Días	T0 : F_fresa	T1: F_Rc	T2: F_Rc_100	T3: F_Rc_200	T4: F_Rc_300
0 días	315,596	359,126	342,802	382,705	377,264
	455,256	451,628	433,491	406,284	388,146
	413,539	444,373	402,657	389,960	413,539
Promedio	394,797	418,376	392,983	392,983	392,983
SD	71,692	51,440	46,112	12,077	18,615
3 días	538,689	270,251	279,320	384,519	326,478
	578,592	339,175	359,126	438,932	319,223
	509,669	331,920	322,851	725,507	262,996
Promedio	542,317	313,782	320,432	516,319	302,899
SD	34,604	37,873	39,958	183,194	34,747
6 días	175,936	230,349	132,405	132,405	217,652
	183,191	137,846	183,191	214,025	257,555
	279,320	132,405	286,575	201,328	219,466
Promedio	212,815	166,867	200,724	182,586	231,558
SD	57,709	55,044	78,566	43,919	22,533
9 días	123,336	39,903	34,462	52,599	52,599
	59,854	27,207	54,413	12,696	92,502
	65,296	34,462	72,551	38,089	85,247
Promedio	82,829	33,857	53,808	34,462	76,783
SD	35,186	6,370	19,052	20,197	21,255

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DIA_0	Entre grupos	1500,135	4	375,034	,180	,943
	Dentro de grupos	20808,283	10	2080,828		
	Total	22308,418	14			
DIA_3	Entre grupos	170921,749	4	42730,437	5,479	,013
	Dentro de grupos	77992,140	10	7799,214		
	Total	248913,889	14			
DIA_6	Entre grupos	7667,193	4	1916,798	,640	,646
	Dentro de grupos	29937,901	10	2993,790		
	Total	37605,094	14			
DIA_9	Entre grupos	6330,469	4	1582,617	3,163	,064
	Dentro de grupos	5002,741	10	500,274		
	Total	11333,210	14			

DIA_0

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc_100	3	392,9833
F_Rc_200	3	392,9833
F_Rc_300	3	392,9833
F_C	3	394,8000
F_Rc	3	418,3767
Sig.		,956

DIA_3

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
F_Rc_300	3	302,9000	
F_Rc	3	313,7800	313,7800
F_Rc_100	3	320,4333	320,4333
F_Rc_200	3	516,3200	516,3200
F_C	3		542,3167
Sig.		,083	,060

DIA_6

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc	3	166,8700
F_Rc_200	3	182,5867
F_Rc_100	3	200,7267
F_C	3	212,8167
F_Rc_300	3	231,5600
Sig.		,614

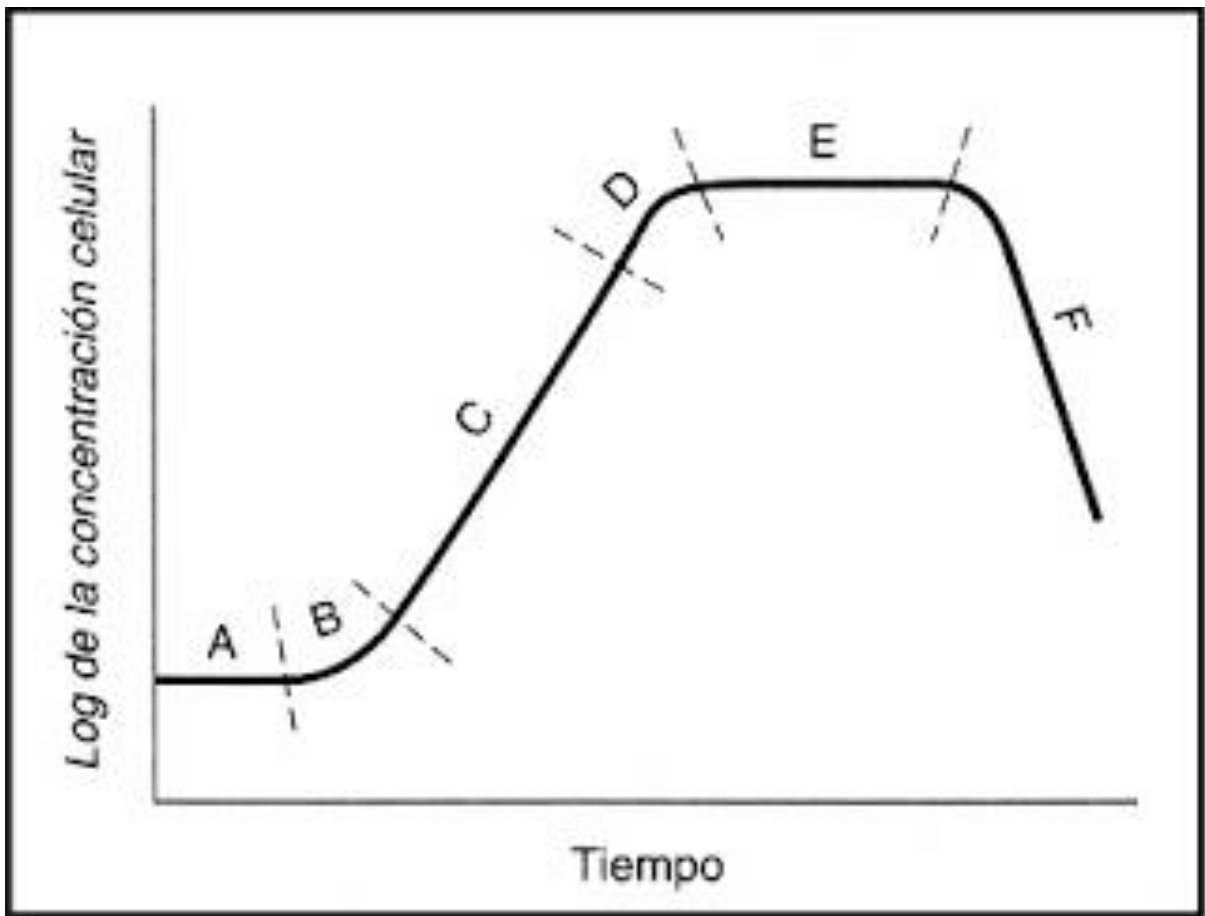
DIA_9

HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
F_Rc	3	33,8567
F_Rc_200	3	34,4633
F_Rc_100	3	53,8067
F_Rc_300	3	76,7833
F_C	3	82,8300
Sig.		,127

ANEXO 15.

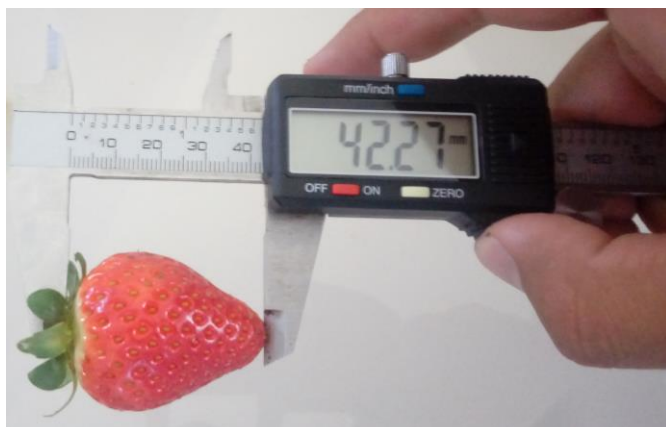
FASES DE CRECIMIENTO MICROBIANO



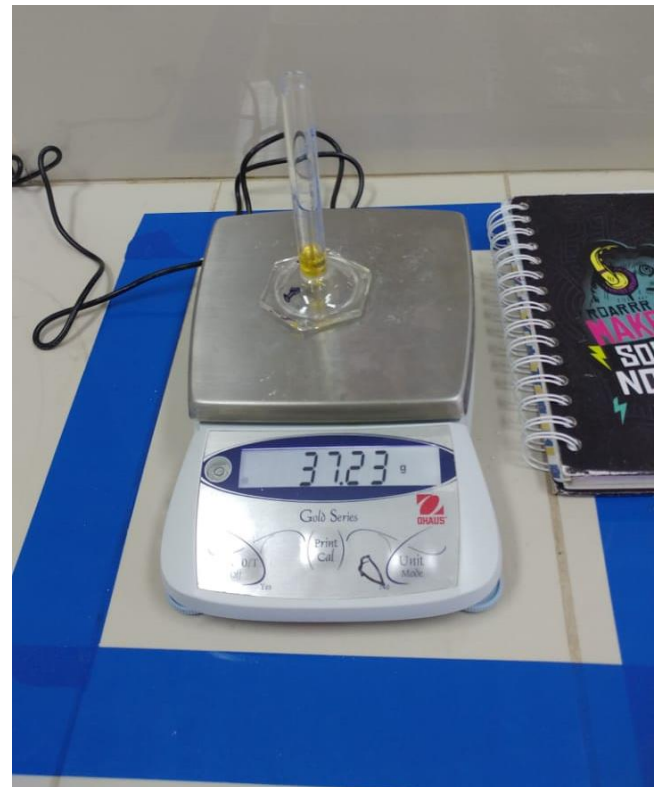
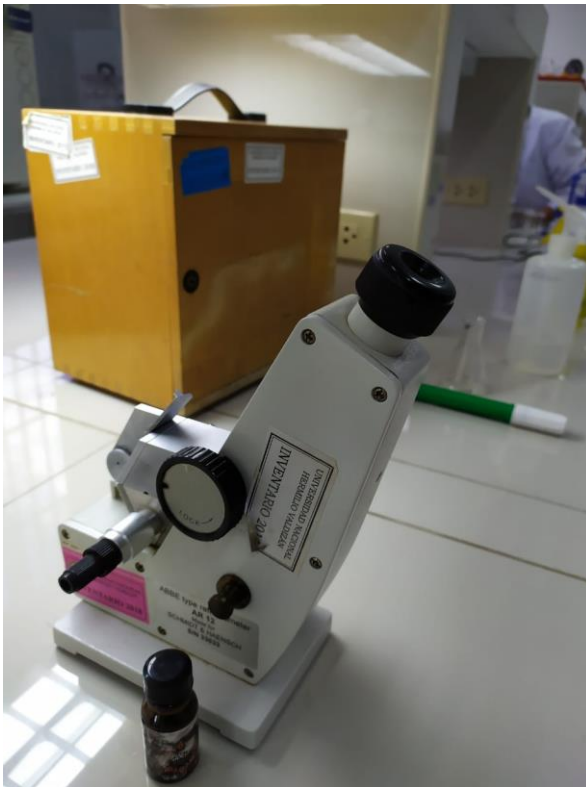
PARTE DE LA CURVA	FASE	TASA DE CRECIMIENTO.
A	Rezago	Cero
B	Aceleración	Creciente
C	Exponencial	Constante
D	De retraso	Decreciente
E	Estacionaria máxima	Cero
F	Declinación	Negativa (muerte)

ANEXO 16. Panel fotográfico

CARACTERIZACIÓN FRESA



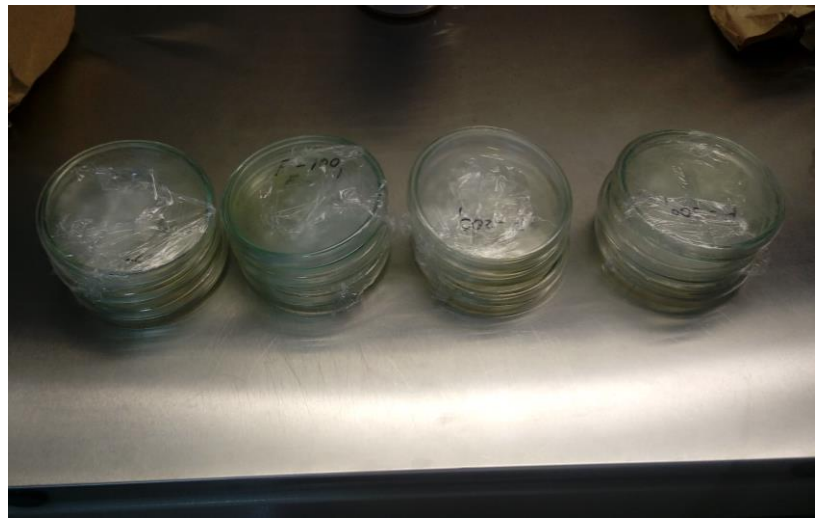
CARACTERIZACION CANELA



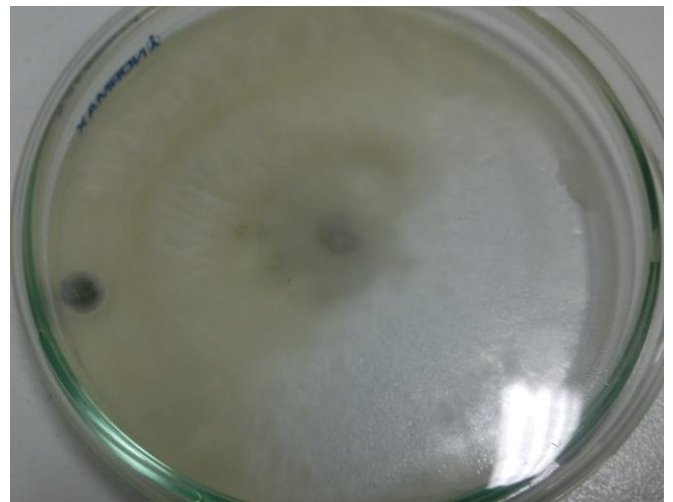
ELABORACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO Y CALDO PEPTONADO



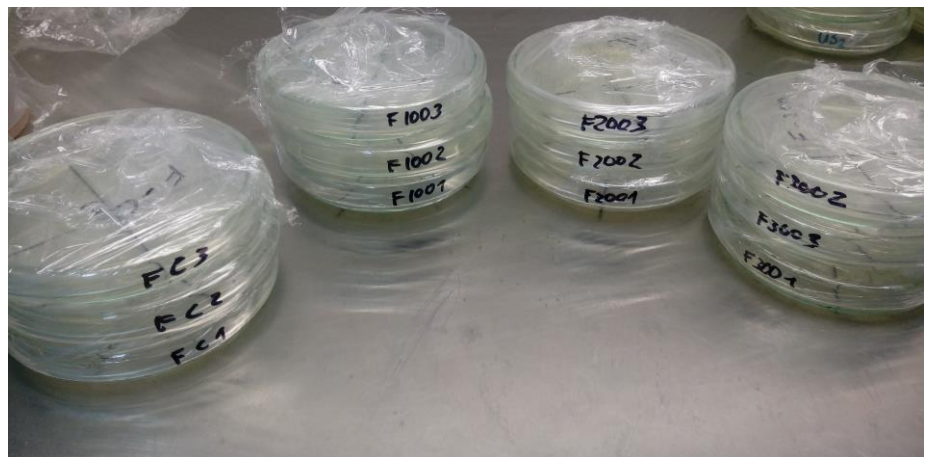
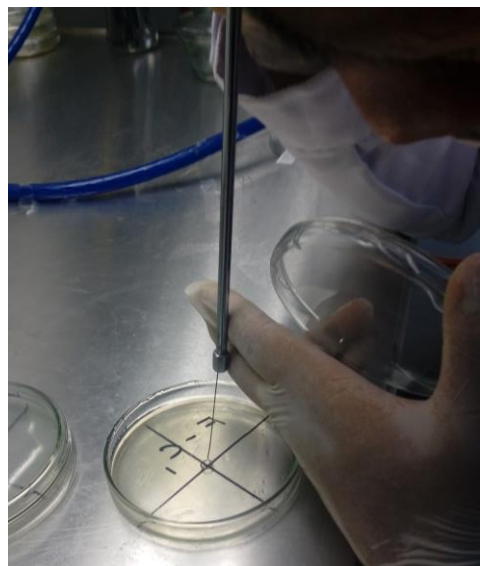
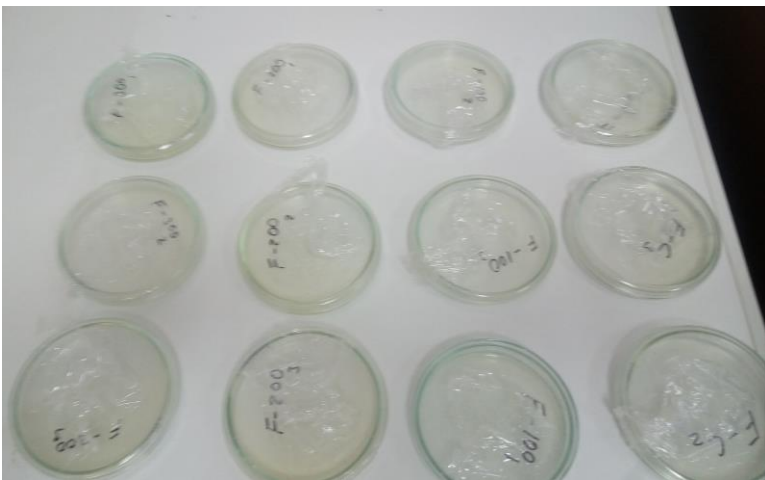
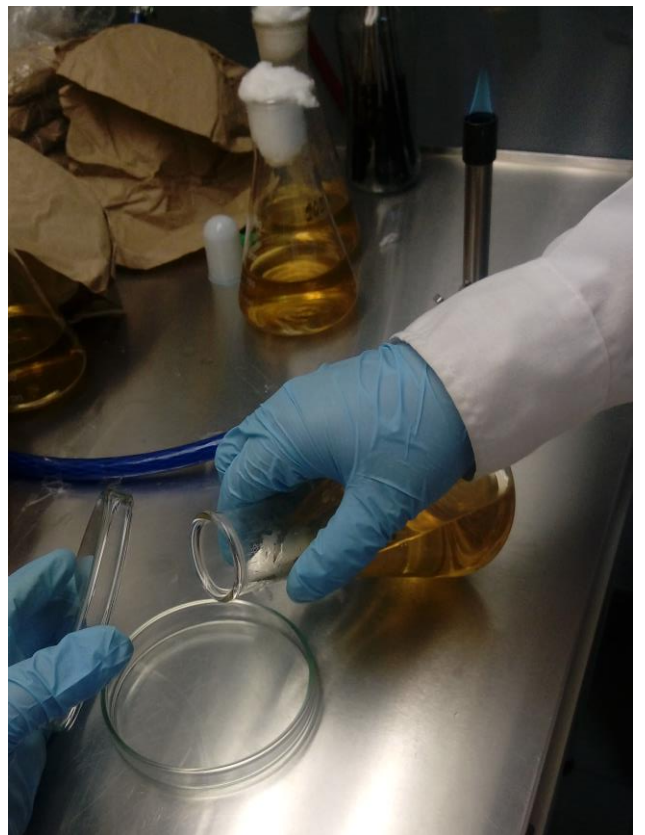
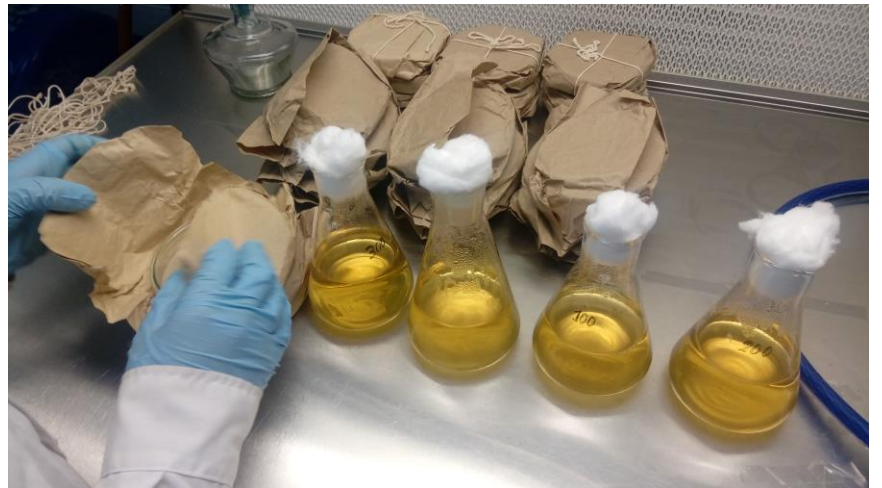
DISOLUCIONES SUCESIVAS



PURIFICACIÓN DE BOTRYTIS CINEREA



ANALISIS DEL CRECIMIENTO Y TAMAÑO A DIFERENTES TRATAMIENTOS



ANALISIS SENSORIAL



Ficha de Evaluación Sensorial

TEMA DE INVESTIGACIÓN: "EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE UN ENVASE ACTIVO EN LA FRESA (Frutigería spp.) APLICANDO DIFERENTES PROPORCIONES DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (Cinnamomum cassia)?"

TESISTA: Bach. TOMAS VICENTE, José Ignacio

PRODUCTO: Fresa

LUGAR: Laboratorio de Análisis Sensorial de la C.P. Ingeniería Agroindustrial

FECHA: ___/___/___

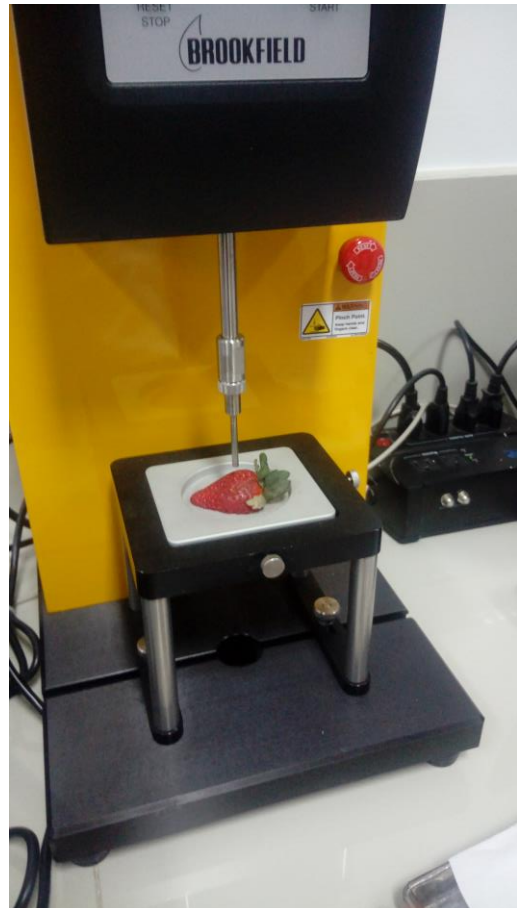
HORA: ___:___

Por favor marque con el símbolo "X" el puntaje correspondiente a cada atributo, indicando de acuerdo a la escala que Muy bueno y/o Muy malo se presentan las muestras.

PUNTAJE ATRIBUTO	MUESTRAS																								
	F.C.			F.Rc			F.Rc_100			F.Rc_200			F.Rc_300												
Briño	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Color																									
Olor																									
Sabor																									

LEYENDA:
 5. Muy bueno
 4. Bueno
 3. Regular
 2. Malo
 1. Muy malo

COMENTARIO:



TexturePro CT V1.6 Build Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción	Resultado	Ciclo 1 Dureza
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra g
1	FRESAS	T0 FRESCA	1 558
2	FRESAS	T0 FRESCA	10 838
3	FRESAS	T0 FRESCA	2 916
4	FRESAS	T0 FRESCA	3 546
5	FRESAS	T0 FRESCA	4 682
6	FRESAS	T0 FRESCA	5 1298
7	FRESAS	T0 FRESCA	6 1000
8	FRESAS	T0 FRESCA	7 218
9	FRESAS	T0 FRESCA	8 862
10	FRESAS	T0 FRESCA	9 196
		Mínimo	196
		Máximo	1298
		Promedio	681
		Desviación Estandar	343





FRESAS AL DÍA 9 DE EVALUACIÓN





ANALISIS FISICOQUIMICO



ANÁLISIS FUNCIONAL



ANEXO 17

ANÁLISIS FÍSICOS REALIZADOS AL ACEITE ESENCIAL DE CANELA

a. Determinación del rendimiento del aceite esencial de canela

La fórmula de donde se obtuvo el rendimiento es el siguiente:

$$\text{Rendimiento (\%)}: \frac{\text{peso de aceite extraído (g)}}{\text{peso de materia prima (g)}}$$

Se muestra el rendimiento obtenido.

b. Determinación de la densidad del aceite esencial

Dónde:

ρ: Densidad (g/mL)

M: Masa de sustancia (g)

V: Volumen de la sustancia (mL)

$$\text{Densidad } (\rho): \frac{\text{masa de sustancia}}{\text{volumen de la sustancia}}$$
$$\text{Densidad } (\rho): (\text{g/mL})$$

c. Determinación del índice de refracción del aceite esencial

- Limpiar el prisma del refractómetro
- Colocar una o dos gotas de la muestra sobre el prisma. Cubrirlo con la tapa con cuidado. Al cerrar, la muestra debe distribuirse sobre la superficie del prisma.
- Manipular los controles por enfocar los campos oscuros e iluminarlos.
- Leer el número correspondiente en la escala.

Dónde:

n : índice de refracción de la muestra

c : Velocidad de la luz en el vacío ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

v : Velocidad de la luz en la muestra

Índice de refracción (n):

d. Determinación del pH del aceite esencial

- Calibrar el pH-metro.
- Colocar el electrodo en el aceite esencial.
- Leer en la pantalla el valor de pH determinado.
- Lavar el electrodo con agua destilada, secarlo con papel tisú y colocar el capuchón.

ANEXO 18. FICHA TÉCNICA Y CERTIFICADO DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA

ANEXO 19. NORMAS TÉCNICAS

INCONTEC
NORMA TECNICA COLOMBIANA
NTC 4103