



**Evaluación del efecto funcional antioxidante y colorante del extracto liofilizado de arilo
de semillas de tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*) como ingrediente de un
recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas**

Soto Elizalde, Max Enrique

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgtr.

25 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antioxidante y colorante del extracto liofilizado de arilo de semillas de tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas**, fue realizado por: **Soto Elizalde, Max Enrique**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de agosto del 2022



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

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgtr.

C. C.: 1709635039

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

Soto Elizalde Max Enrique_TIC.docx

Scanned on: 13:4 August 15, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	497
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	164
Omitted Words	384



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

Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeno Mgtr.

C. I. 1709635039

Director – Tutor del trabajo



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Soto Elizalde, Max Enrique**, con cédula de ciudadanía No. 1105714040, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antioxidante y colorante del extracto liofilizado de arilo de semillas de tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de agosto del 2022


Soto Elizalde, Max Enrique

C.C.: 1105714040



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Soto Elizalde, Max Enrique**, con cédula de ciudadanía No. 1105714040 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antioxidante y colorante del extracto liofilizado de arilo de semillas de tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 25 de agosto del 2022

Soto Elizalde, Max Enrique

C.C.: 1105714040

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este trabajo de investigación a Dios, por el don de la existencia, brindándome la oportunidad de aprender, mejorar y crecer junto a mi familia y amigos.

A mi amada madre Mercedes Yolanda Elizalde Barba, quien con su ejemplo y amor incondicional ha sido el motor principal y el pilar fundamental para que no haya desmayado en ningún momento.

A mi querido padre Max Artidoro Soto Caraguay, quien, con su inmenso amor, cariño y ejemplo, supo inculcar en mí el sentimiento de humanidad, humildad, perseverancia y lucha; a su vez que desde el cielo me protege en todo momento de mi vida.

A mis hermanas Glenda, Karla, Viviana, Mayra, Lorena y Fernanda por estar siempre conmigo, apoyándome, cuidándome, aconsejándome y mimándome en todo momento.

Al mi querido abuelito Carlos Soto, quien ha sido el punto de unión y concordia de la familia, gracias a él estoy aquí.

A mi estimado tío Miguel Soto, quien ha sido un pilar importante para todos los que lo conocemos.

A mi cuñado Tomás Agila, quien desinteresadamente me dio cabida en su casa y fue un mentor para mi desarrollo personal.

A mis familiares, amigos y a todos que de una u otra forma me ayudaron a formarme personalmente y profesionalmente durante toda mi vida, hasta llegar a ser la persona que soy, Max Enrique Soto Elizalde.

Agradecimientos

Exteriorizo mi formal agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, a la Carrera Agropecuaria IASA I, a cada uno de los docentes que quienes me supieron impartir conocimientos para el desempeño de la vida profesional y para la vida.

Al Ing. Gabriel Larrea quien confió en mis capacidades y quién estuvo en todo momento apoyándome y controlando la realización del trabajo investigativo. Al Ing. Sivananda Delgado, que fue la persona que me apoyó en tiempos críticos de mi vida y supo aconsejarme de la mejor manera. Al Tnlgo. Miguel Lalangui e Ing. Marcelo Arce, quienes fueron un aporte valioso en la obtención de conocimientos durante mis prácticas pre-profesionales.

A mis compañeros de investigación, Jefferson Paucar y Tatiana Zapata, quienes no me dejaron solo en la realización de cada actividad y por ser un punto clave de amistad y hermandad.

A mis amigos del alma: Leonela, Anthony, Stalin, Gaby, Victor, John y Jandry, quienes han sabido ser unas personas muy especiales para mi durante el transcurso de la carrera universitaria.

A mis amigos de infancia, colegio y universidad que desinteresadamente estuvieron velando por mi seguridad, bienestar, de verdad los quiero mucho.

En resumen, a todas las personas que han formado parte de mi vida, Dios me los bendiga siempre.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	16
Resumen.....	17
Abstract	18
Capítulo I.....	19
Introducción.....	19
Antecedentes	19
Justificación.....	19
Objetivos	21
Objetivo General	21
Objetivos específicos	21
Hipótesis.....	21
Hipótesis nula (H0).....	21

Hipótesis alternativa (H1).....	21
Capítulo II.....	22
Revisión de literatura	22
Tomate de árbol mora (<i>Solanum betaceum</i>).....	22
Composición del tomate de árbol mora	22
Usos y beneficios del tomate de árbol mora	23
Recubrimientos comestibles.....	24
Propiedades de los recubrimientos comestibles	24
Fresa (<i>Fragaria ananassa</i>).....	24
Composición de la fresa.....	24
Liofilización.....	25
Etapas del proceso de liofilización.....	26
Ventajas y desventajas de la Liofilización	26
Ventajas de la liofilización	27
Desventajas de la liofilización	27
Capítulo III.....	28
Materiales y métodos.....	28
Área de estudio	28
Materia prima.....	28
Análisis microbiológico y de antioxidantes	29
Materiales.....	30

	10
Extracción de arilo de tomate de árbol mora	30
Liofilización del arilo de tomate de árbol mora	31
Elaboración de recubrimiento comestible.....	31
Evaluación de variables	32
Pérdida de peso	32
Métodos.....	33
Extracción del arilo del tomate de árbol mora	33
Separación del arilo de las semillas de tomate de árbol mora	34
Empacado del arilo para refrigeración.....	34
Proceso de liofilización.....	34
Formulación de los recubrimientos comestible	34
Elaboración de recubrimiento comestible.....	36
Proceso de desinfección, preparación y ubicación de las fresas	36
Administración de la cubierta comestible y envasado.....	37
Proceso de inoculación microbiológico y de antioxidantes	37
Pérdida de peso	37
Resistencia (Dureza).....	37
pH	38
° Brix	38
Acidez	38
Color	39

	11
Cálculo de vida útil	39
Evaluación Sensorial.....	39
Diseño experimental.....	40
Factores utilizados.	41
Capítulo IV	43
Resultados y discusión	43
Extracción y liofilización de arilo de tomate de árbol mora	43
Análisis de antioxidantes.	44
Elaboración de recubrimiento comestible	46
Evaluación de parámetros físicos y químicos	46
Supuestos de análisis de varianza	47
Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)	47
Supuesto de Homocedasticidad (Levene).....	48
% de Peso perdido.....	48
Dureza	49
Brix.....	49
pH	50
% acidez (ácido cítrico).....	50
Color (ΔE).....	51
Análisis de varianza (ANAVA)	51
% de peso perdido	51

	12
Dureza (kgf).....	54
° Brix	56
pH	58
% de acidez (ácido cítrico)	59
Color (ΔE).....	61
Correlación de Pearson	63
Análisis microbiológico.....	65
Cálculo de vida útil	67
Análisis sensorial	69
Aspecto general.	69
Discusión.....	73
Capítulo V	76
Conclusiones y recomendaciones.....	76
Conclusiones.....	76
Recomendaciones	77
Bibliografía	79

Índice de tablas

Tabla 1 Características químicas y nutricionales de tomate de árbol de diferente ecotipo	22
Tabla 2 Composición nutricional de la fresa.....	25
Tabla 3 Materiales y equipos usados en la extracción de arilo de tomate de árbol mora.....	30
Tabla 4 Materiales y equipos usados en la liofilización del arilo de árbol mora	31
Tabla 5 Materiales y equipos usados en la elaboración del recubrimiento comestible	31
Tabla 6 Materiales y equipos usados en la aplicación del recubrimiento comestible	32
Tabla 7 Materiales y equipos usados en la el análisis de variables.....	32
Tabla 8 Materiales y equipos usados en la el análisis microbiológico y de antioxidantes	33
Tabla 9 Materiales y equipos usados en la evaluación organoléptica	33
Tabla 10 Formulación base de las películas comestibles	35
Tabla 11 Fórmulas de los recubrimientos comestibles utilizados en porcentajes	35
Tabla 12 Fórmulas de los recubrimientos comestibles utilizados en gramos.....	35
Tabla 13 Tratamientos utilizados para la evaluación de las películas comestibles.....	41
Tabla 14 Tratamientos	41
Tabla 15 Rendimiento del arilo de tomate de árbol mora	43
Tabla 16 Elaboración de extracto base de tomate mora.....	43
Tabla 17 Rendimiento del arilo liofilizado con respecto a la base de pulpa y arilo puro	44
Tabla 18 Resultados de antioxidantes presentes en extracto base del arilo del tomate mora ..	45
Tabla 19 Cantidad de antioxidantes presentes en arilo puro y arilo liofilizado de tomate de árbol mora.....	45

Tabla 20 Cantidades de antioxidantes utilizados en la elaboración de recubrimientos comestibles	46
Tabla 21 Cuadro de resumen de las variables evaluadas	47
Tabla 22 Representación del supuesto de normalidad de las variables evaluadas	47
Tabla 23 Análisis del supuesto de homocedasticidad en el % de peso perdido en fresa	48
Tabla 24 Análisis del supuesto de homocedasticidad en dureza de la fresa	49
Tabla 25 Análisis del supuesto de homocedasticidad en ° Brix	49
Tabla 26 Análisis del supuesto de homocedasticidad en el pH	50
Tabla 27 Análisis del supuesto de homocedasticidad en el % de acidez (ácido cítrico)	50
Tabla 28 Análisis del supuesto de homocedasticidad en el % de peso perdido	51
Tabla 29 Análisis de varianza en la variable % de peso perdido en fresa	52
Tabla 30 Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable % de peso perdido	52
Tabla 31 Análisis de varianza en la variable dureza en fresa	54
Tabla 32 Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable dureza	54
Tabla 33 Análisis de varianza en la variable ° Brix en fresa	56
Tabla 34 Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable ° Brix	56
Tabla 35 Análisis de varianza en la variable pH en fresa	58
Tabla 36 Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable pH	58
Tabla 37 Análisis de varianza en la variable % de acidez en fresa	60
Tabla 38 Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable % de acidez	60
Tabla 39 Análisis de varianza en la variable distancia del color ΔE en fresa	62
Tabla 40 Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable distancia del color ΔE ...	62

Tabla 41 Análisis de correlación de Pearson en las variables analizadas	64
Tabla 42 Prueba de recuento microbiano en el T1 a los 12 días de evaluación	65
Tabla 43 Prueba de recuento microbiano en el T4 a los 12 días de evaluación	66
Tabla 44 Representación de pérdida de peso en porcentaje.....	67
Tabla 45 Cálculo de valores de velocidad de deterioro en función del tiempo.....	68
Tabla 46 Representación de la vida útil de la fresa en los diversos tratamientos	68

Índice de figuras

Figura 1 _Vista satelital de la hacienda. El Prado, Carrera Agropecuaria IASA I.	28
Figura 2 _Vista satelital de la hacienda del Sr. Kléver Chicaiza, en Checa (Quito).....	29
Figura 3 _Vista satelital del Mercado Mayorista de Ambato (Tungurahua).....	29
Figura 4 _Vista satelital de la ubicación del laboratorio Multianálityca S.A.....	30
Figura 5 _Representación de los diferentes estados de madurez	36
Figura 6 _Gráfico de puntos de la variable % de peso perdido.....	53
Figura 7 _Gráfico de puntos de la variable dureza en kgf	55
Figura 8 _Gráfico de puntos de la variable °Brix.....	57
Figura 9 _Gráfico de puntos de la variable pH.....	59
Figura 10 _Gráfico de puntos de la variable % de acidez.	61
Figura 11 _Gráfico de puntos de la variable distancia de color ΔE	63
Figura 12 _Gráfico de correlación entre pH vs dureza	65
Figura 13 _Fotografía de las colonias de mohos, levaduras y aerobios mesófilos.....	66
Figura 14 _Fotografía de las colonias de mohos, levaduras y aerobios mesófilos.....	67
Figura 15 _Representación final de las fresas mínimamente procesadas.....	69
Figura 16 _Representación del aspecto general de la fresa mediante gráfico de puntos.	70
Figura 17 _Representación del sabor de la fresa mediante gráfico de puntos.	70
Figura 18 _Representación de la textura de la fresa mediante gráfico de puntos.	71
Figura 19 _Representación del olor de la fresa mediante gráfico de puntos.	71
Figura 20 _Representación de la valoración general de la fresa mediante gráfico de barras.	72

Resumen

Desde hace mucho tiempo, el ser humano se ha dedicado a buscar soluciones para evitar el deterioro de los alimentos. Las películas y recubrimientos comestibles son una gran alternativa ecológica para la prolongación de la vida útil de los alimentos.

Al ubicar una base de almidón, glicerina, aceite de girasol, Tween 80 junto con agua, se pueden formar películas o recubrimientos que prolongan el tiempo en percha de frutas, verduras y carne. Mediante la adición de principios liofilizados, se busca mejorar la funcionalidad del recubrimiento, a su vez, prolongar aún más el tiempo de vida de los productos en los que se aplique.

Se evaluó el efecto funcional antioxidante y colorante de extracto liofilizado de arilo de tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas, los cuales se agregaron con los siguientes tratamientos: T0 (Control), T1 (Solo recubrimiento), T2 (1% de liofilizado + recubrimiento), T3 (2% de liofilizado + recubrimiento) y T4 (3% del liofilizado + recubrimiento).

A cada fresa se le cortó el pedúnculo floral, realizando un corte transversal. Los mismo que se sumergieron por 30 segundos y se secaron a 47 °C durante 40 minutos. Se separaron por tratamiento y se utilizó un DCA usando parcela dividida. Las muestras se almacenaron a 7 °C.

El T3 presentó la menor pérdida de peso al cabo de 12 días con 6.67%, el T4 presenta la menor diferencia de color a los 12 días con un valor de $\Delta E=21.97$, todos los tratamientos no presentaron diferencias significativas en pH, el T0 presentó en °Brix (6.68), con los menores cambios de dureza (2.1 kg/cm²), acidez (1.82%) y también en el análisis sensorial. Existe un sinergismo entre las variables pH y dureza las que presentan una correlación de 0.7786. El tiempo de vida útil se estableció en T0, T1 y T3 en 12.21, 11.82 y 11.2 días, siendo los mejores tratamientos presentados en la presente investigación.

Palabras clave: Arilo, tomate mora, liofilización, fresas mínimamente procesadas.

Abstract

For a long time, the human being has been dedicated to finding solutions to avoid the deterioration of food. Edible films and coatings are a great eco-friendly alternative for extending the shelf life of food.

By locating a base of starch, glycerin, sunflower oil, Tween 80 along with water, films or coatings can be formed that prolong the time on perch of fruits, vegetables and meat. By adding freeze-dried substances, the aim is to improve the organoleptic quality of the coating, in turn, further prolong the life of the products.

The antioxidant and coloring functional effect of lyophilized extract of blackberry tree tomato mucilage (*Solanum betaceum*) as an ingredient of an edible coating in minimally processed strawberries was evaluated, which were added with the following treatments: T0 (Control), T1 (Coating only), T2 (1% lyophilized + coating), T3 (2% lyophilized + coating) and T4 (3% of lyophilized + coating).

Each strawberry had its floral peduncle cut, making a cross-sectional cut. The same ones that were submerged for 30 seconds and dried at 47 °C for 40 minutes. They were separated by treatment and a DCA was used using divided plot. Samples were stored at 7 °C.

T3 presented the lowest weight loss after 12 days with 6.67%, T4 has the smallest color difference at 12 days with a value of $\Delta E = 21.97$, all treatments presented a similar pH, T0 presented better attributes in °Brix (6.68), Hardness (2.1 kg / cm²), acidity (1.82%) and also in sensory analysis. There is a synergism between the measured variables where hardness vs pH have a correlation of 0.7786. The shelf life was established in T0, T1 and T3 at 12.21, 11.82 and 11.2 days, being the best treatments presented in the present research.

Keywords: Mucilage, tomato mora, freeze-drying, minimally processed strawberries.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

En la actualidad, la utilización recubrimientos comestibles, se ha extendido con gran velocidad en productos cárnicos, hortícolas, frutales y confitería. La necesidad de prolongar la vida útil de los alimentos fue una de las razones por lo cual se ha utilizado los recubrimientos, sin embargo, se ha utilizado empaques sintéticos que no son amigables con el medio ambiente.

No existe una fórmula específica para la elaboración de recubrimientos comestibles, el desafío es prolongar la vida útil de los alimentos. Castillo (2009), desarrolló una investigación en la que prolonga la vida útil del orito (*Musa acuminata*) a 15.37 días, mediante la utilización de quitosano a 10 °C. Otra investigación relacionada a la aplicación de quitosano en naranjillas, menciona que los recubrimientos de naranjilla extienden la vida útil del mismo, a temperaturas mayores a 20 °C, debido a que retrasan la pérdida de agua y a su vez, en temperaturas de 7 °C pueden extender la vida útil por un mes. (Almeida, Alvarado, & Arancibia, 2007).

Según Almeida et al., (2007), realizaron la aplicación de un mucílago de linaza con propóleo y lograron prolongar la vida útil del mango variedad Kent gracias al poder antioxidante, antibacteriano y antifúngico del propóleo, disminuyendo las pérdidas poscosecha y mejorando las características de este.

Justificación

La degradación rápida de frutas y la demanda de la misma, hace que muchas empresas se vean inmersas en la prolongación de la vida útil de las frutas, utilizando sustancias químicas para frenar el deterioro (Badawy & Rabea, 2011).

Encontrar métodos alternativos comestibles se ha convertido en un reto, debido a la variabilidad de frutas y tiempos de vida útil, la cual, los recubrimientos comestibles se

convierten en una estrategia potencial para la reducción del deterioro en frutas mínimamente procesadas (Sun, Gao, & Shen, 2017).

El manejo correcto de los productos cosechados (manejo poscosecha) permite que los mismos, no presenten magulladuras o rajaduras y a su vez se garantiza un producto de buena calidad sin alterar su estructura y fisiología (Álvarez, 2012). Es por eso que una manera de extender la vida útil de las frutas es mediante la utilización de recubrimientos comestibles a base de ingredientes orgánicos de fácil manejo.

Los recubrimientos comestibles permiten reducir considerablemente la pérdida de humedad, la pérdida de color, de textura, el nivel de oxidación y mantienen el valor nutricional de la fruta, verdura o alimento que se quiera conservar, a su vez mantiene el contenido de pigmentos.

El presente trabajo de investigación prevé la utilización de un recubrimiento comestible en base de un producto liofilizado de arilo de tomate de árbol mora, que garantice la prolongación de las fresas mínimamente procesadas, debido a que las mismas presentan un tiempo de vida corto cuando se encuentran en percha.

El recubrimiento alimenticio será constituido por el arilo liofilizado de tomate de árbol mora, rico en antocianinas, junto al TWEEN 80, almidón de yuca, aceite de girasol, glicerina alimenticia y agua destilada, los cuales tendrán una proporción adecuado dependiendo del tratamiento a utilizar, todo lo mencionado permitirá disminuir las pérdidas poscosecha de fresas mínimamente procesadas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto funcional antioxidante y colorante de extracto liofilizado de semillas de tomate de árbol mora como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas

Objetivos específicos

Extraer compuestos antioxidantes y colorantes presentes en el arilo de semillas de tomate de árbol mora utilizando la técnica de liofilización.

Evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales de la fresa con la aplicación del recubrimiento liofilizado de semillas de tomate de árbol mora.

Determinar el efecto sinérgico del empleo de recubrimientos comestibles mediante el uso del extracto liofilizado de semillas de tomate de árbol mora en varios niveles de adición sobre la vida útil de la fresa mínimamente procesada.

Hipótesis

Hipótesis nula (H0)

La utilización del extracto liofilizado de arilo de tomate de árbol mora no posee un efecto funcional antioxidante y colorante al ser aplicado como recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas.

Hipótesis alternativa (H1)

La utilización del extracto liofilizado de arilo de tomate de árbol mora posee un efecto funcional antioxidante y colorante al ser aplicado como recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas.

Capítulo II

Revisión de literatura

Tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*)

El tomate de árbol mora o tomate mora es una baya de forma ovoide-apiculada, que presenta una piel lisa de color verde cuando está inmadura y morada o naranja cuando está madura. Su nombre nace debido al arilo (cubierta que rodea a la semilla) que contiene en su interior, el mismo que es de color morado. Esta fruta pertenece al grupo de frutas semi-ácidas y presenta una longitud que va desde los 4,5 a 7 cm, con una anchura de 3-4 cm. El peso aproximado de cada fruta va desde los 40 a los 80 g. La pulpa es muy jugosa, de color anaranjado, de sabor agrídulce (algo ácida), agradable y muy particular. En el fruto se encuentran numerosas semillas, entre 300 y 500 (Buono, Aguirre, Guadalupe, Perondi, & Ansonnaud, 2018).

Composición del tomate de árbol mora

El tomate de árbol mora es rico fibra y carotenoides como el licopeno (antioxidante natural), también presenta alto contenido de minerales como: Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn (Salazar-Lugo, y otros, 2016).

Tabla 1

Características químicas y nutricionales de tomate de árbol de diferente ecotipo

ANÁLISIS	TOMATE AMARILLO	TOMATE MORADO
Humedad %	87.16	89.21
Cenizas %	0.81	0.8
PH	3.76	3.45
Acidez Titulable (Ac. Cítrico %)	1.87	1.91
Vitamina C (mg/100gr)	33	28
Sólidos Solubles (°Brix)	12.7	10.7

ANÁLISIS		TOMATE AMARILLO	TOMATE MORADO
Azúcares Totales %		8.58	4.49
Poli-fenoles Totales (mg/g)		0.84	0.83
Carotenoide totales (ug/gr)		232	241
Actividad antiox. (+) umol equivalente trolox/gr		14	15
Azúcares (%)	Fructosa	1.64	1.34
	Glucosa	1.38	1.17
	Sacarosa	2.21	1.86
Ácidos Orgánicos (mg/g)	Ácido Cítrico	7.22	9.19
	Ácido Málico	1.12	No detectado
Minerales (ug/g)	Calcio	90	86
	Magnesio	1284	1403
	Potasio	3852	3733
	Fósforo	347	181
	Sodio	16	32
	Hierro	3	4
	Zinc	2	2

Nota: Características encontradas en diferentes ecotipos de tomate. Tomado del Departamento de nutrición y calidad y el CIRAD. Tomado de (Brito, y otros, 2008) y citado por (Buono, Aguirre, Guadalupe, Perondi, & Ansonnaud, 2018)

Usos y beneficios del tomate de árbol mora

- Se utiliza en jugos y batidos naturales, a su vez en pulpas para realización de refrescos.
- Por su cantidad de fibra, ayuda a mantener en equilibrio las actividades del sistema digestivo.
- Posee una gran cantidad de antioxidantes, vitaminas y minerales, necesarios para nuestro cuerpo.

Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles son películas delgadas que se encuentran rodeando un producto, con el fin de preservar y garantizar la vida útil del mismo, evitando el transporte de agua y gases. Los recubrimientos comestibles pueden estar formados por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de estos (Fernández, y otros, 2015).

Propiedades de los recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles contienen polímeros biodegradables, que ayudan a prolongar la vida útil de los alimentos. Estos recubrimientos preservan la textura del producto y no poseen sabor alguno, son de fácil realización, no presentan toxinas por lo que son seguros para la salud.

Fresa (*Fragaria ananassa*)

Las fresas son varias especies de plantas rastreras del género *Fragaria*, cultivadas por su fruto comestible. La fresa es una fruta de forma redondeada, de tamaño que va de 15 a 22 mm de diámetro, coronada por sépalos verdes, de color rojo y con un sabor que varía de ácido a muy dulce. Lo que más caracteriza a esta fruta es su intenso aroma (EFSA, 2010).

Composición de la fresa.

Las fresas son frutas de bajo contenido energético, la cual está constituida por una buena cantidad de Vitamina C, ácidos orgánicos, entre los que destacan: el ácido cítrico, ácido málico, oxálico, y también contienen pequeñas cantidades de ácido salicílico, hidratos de carbono y azúcares.

Tabla 2*Composición nutricional de la fresa*

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (150 g)
Energía (Kcal)	40	57
Proteínas (g)	0.7	1.0
Lípidos totales (g)	0.5	0.7
AG saturados (g)	-	-
AG monoinsaturados (g)	-	-
AG poliinsaturados (g)	-	-
ω -3 (g)	-	-
C18:2 Linoleico ω -6 (g)	-	-
Colesterol (mg/1000 Kcal)	0	0
Hidratos de carbono (g)	7	10.0
Fibra (g)	2.2	3.1
Agua (g)	89.6	128
Calcio (mg)	25	35.6
Hierro (mg)	0.8	1.1
Yodo (mg)	8	11.4
Magnesio (mg)	12	17.1
Zinc (mg)	0.1	0.1
Sodio (mg)	2	2.9
Potasio (mg)	190	271
Fósforo (mg)	26	37.1
Selenio (mg)	Tr	Tr
Tiamina (mg)	0.02	0.03
Riboflavina (mg)	0.04	0.06
Eq. Niacina (mg)	0.6	0.9
Vitamina B ₆ (mg)	0.06	0.09
Folatos (μ g)	20	28.5
Vitamina B ₁₂ (μ g)	0	0
Vitamina C (mg)	60	85.5
Vitamina A: Eq. Retinol (μ g)	1	1.4
Vitamina D (μ g)	0	0
Vitamina E (mg)	0.2	0.2

Nota: Composición nutricional de la fresa. Tomado de: EFSA, 2010.

Liofilización

La liofilización es un proceso de secado mediante sublimación. Se ha desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los

alimentos, los cuales se pierden durante los procesos convencionales de secado (Orrego, 2008). Es un proceso que no altera la estructura físico-química del material, pero a su vez permite su conservación indefinida sin cadena de frío, con un porcentaje de humedad menor al 15% y una alta estabilidad microbiológica (Ramírez, 2006).

Etapas del proceso de liofilización

El proceso de liofilización consta de 3 etapas (Cappola, 2006):

- a. **Congelación:** El producto se solidifica.
- b. **Secado Primario:** En esta etapa ocurre la sublimación, se remueve entre 70% - 90% del agua del producto.
- c. **Secado Secundario:** En esta etapa ocurre la desorción, donde el agua que no fue congelada se evapora.

Ventajas y desventajas de la Liofilización

El principal objetivo de la liofilización es quitar el agua de un material, mientras queda la estructura básica y composición del material intacto. Hay dos razones para hacer esto con un alimento (Ramírez, 2006).

- Disminución del agua: se realiza para evitar que el alimento se estropee por la acción de microorganismos, tales como las bacterias que se alimentan de la materia y la descomponen. Las bacterias pueden generar enfermedades o causar el mal gusto en los alimentos.
- Reducción de peso total del alimento: la mayoría de los alimentos está compuesto de una gran parte de agua (la mayoría de las frutas entre un 80 – 90% de agua). Al eliminar el agua, se obtiene un alimento más ligero, facilitando el transporte del producto.

A continuación, se presentan las principales ventajas y desventajas de la liofilización:

Ventajas de la liofilización

- Mantiene mejor la estructura y el aspecto original del alimento.
- La baja temperatura de trabajo impide la alteración de productos termolábiles.
- Al sublimar el hielo, queda una estructura porosa que permite una reconstitución rápida.
- Inhibe el deterioro del color y sabor por las reacciones químicas y las pérdidas de propiedades fisiológicas.
- La humedad residual es baja.
- El tiempo de conservación es largo.
- La retención de aromas es muy alta.
- El encogimiento es despreciable

Desventajas de la liofilización

- Gran inversión en equipos.
- Alto costo energético.
- Elevado tiempo de proceso.
- Precio final alto.

Capítulo III

Materiales y métodos

Área de estudio

Las cubiertas comestibles a base de tomate de árbol mora, se realizaron en el laboratorio de Poscosecha, de la Carrera de Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas – Espe, ubicada en la Hda. El Prado, Barrio San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, de la Provincia de Pichincha, la misma que está ubicada en las coordenadas UTM latitud $0^{\circ} 23' 20''$ S, longitud $78^{\circ} 24' 44''$ W En una altitud de 2748 m. s. n. m. (Arce Carriel, 2009).

Figura 1

Vista satelital de la hacienda. El Prado, Carrera Agropecuaria IASA I



Nota: Representación gráfica de la Carrera Agropecuaria IASA I, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Recuperado de Google, 2022.

Materia prima

Las fresas variedad Albion, fueron adquiridas en la hacienda del Sr. Kléver Chicaiza, ubicada en la parroquia Checa, cantón Quito, provincia de Pichincha. La misma que posee coordenadas UTM: latitud $0^{\circ} 07' 27''$ S, longitud $78^{\circ} 18' 32''$ W, a una altitud de 2585 m. s. n. m.

Figura 2

Vista satelital de la hacienda del Sr. Kléver Chicaiza, en Checa (Quito)



Nota: Representación gráfica de la hacienda del Sr. Kléver Chicaiza. Recuperado de Google Earth, 2022.

La adquisición de los tomates de árbol mora, se dio en el Mercado Mayorista de Ambato, ubicado en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. El mismo posee las coordenadas UTM: latitud $1^{\circ} 16' 11''$ S, longitud $78^{\circ} 36' 53''$ W, a una altitud de 2677 m. s. n. m.

Figura 3

Vista satelital del Mercado Mayorista de Ambato (Tungurahua)



Nota: Representación gráfica del Mercado Mayorista de Ambato. Recuperado de Google Earth, 2022.

Análisis microbiológico y de antioxidantes

El análisis microbiológico (reconteo) y de antioxidantes, se realizaron en el laboratorio Multianálityca S.A., el mismo está ubicado en la Av. Edmundo Chiriboga & Jorge Aníbal Páez,

sector la Concepción, cantón Quito, provincia de Pichincha. El mismo posee las coordenadas UTM: latitud 0° 09' 23'' S, longitud 78° 29' 23'' W, a una altitud de 2803 m. s. n. m.

Figura 4

Vista satelital de la ubicación del laboratorio Multianalítica S.A.



Nota: Representación gráfica de la ubicación del laboratorio Multianalytica S.A., en el sector La Concepción (Quito). Recuperado de Google Earth, 2022.

Materiales

Extracción de arilo de tomate de árbol mora

Tabla 3

Materiales y equipos usados en la extracción de arilo de tomate de árbol mora

Materiales	Equipos
Tomate mora	Licudadora
Agua destilada	Balanza
Cuchillo	Congelador
Fundas autosellables	
Colador	
Recipiente plástico	
Embudo	

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados durante la extracción del arilo de tomate mora. Tabla de autoría.

Liofilización del arilo de tomate de árbol mora

Tabla 4

Materiales y equipos usados en la liofilización del arilo de árbol mora

Materiales	Equipos
Arilo de tomate de árbol mora	Liofilización
Fundas autosellables	Balanza gramera
Alcohol de 70°	Congelador
Papel absorbente	
Martillo	
Papel aluminio	
Recipientes de vidrio	

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados durante la liofilización. Tabla de autoría.

Elaboración de recubrimiento comestible

Tabla 5

Materiales y equipos usados en la elaboración del recubrimiento comestible

Materiales	Equipos
Tween 80	Cocina
Almidón de maíz	Balanza
Aceite de girasol	Refrigerador
Glicerina	
Liofilizado de arilo de tomate mora	
Agua destilada	
Olla	
Recipientes de vidrio	
Cucharas	

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados en la elaboración de los recubrimientos comestibles. Tabla de autoría.

Tabla 6

Materiales y equipos usados en la aplicación del recubrimiento comestible.

Materiales	Equipos
Recubrimiento comestible	Estufa
Recipiente plástico	Balanza
Fresas	Rayos UVc 240 nm
Agua destilada	
Hipoclorito de sodio	
Cuchillo	
Guantes de alimentos	

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados en la aplicación de recubrimientos comestibles. Tabla de autoría.

Evaluación de variables

Pérdida de peso

Tabla 7

Materiales y equipos usados en la el análisis de variables

Materiales	Equipos
Unidad muestral	Balanza
Recipiente plástico	Computador
Guantes de alimentos	Celular
Alcohol 70%	Penetrómetro
Soluciones buffer	pH-metro
Fenolftaleína	Refractómetro
Unidad experimental	Acidímetro
Agua destilada	Programa Color Grab

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados en el análisis de variables. Tabla de autoría.

Tabla 8

Materiales y equipos usados en la el análisis microbiológico y de antioxidantes

Materiales	Equipos
Unidad muestral	Incubadora
Placa 3M hongos y levaduras	Computador
Agar PCA	Congelador
Alcohol 70%	Termómetro
Pulpa de arilo	

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados en el análisis microbiológico y de antioxidantes. Tabla de autoría.

Tabla 9

Materiales y equipos usados en la evaluación organoléptica

Materiales	Equipos
Unidades experimentales	Cocina
Guantes quirúrgicos	Estufa
Cuestionario	Celular
Platos #6	
Pinchos	
Agua embotellada	

Nota. Detalle de los principales materiales y equipos que fueron utilizados la evaluación organoléptica. Tabla de autoría.

Métodos

Extracción del arilo del tomate de árbol mora

Para la extracción del arilo las de semillas del tomate de árbol mora se inicia con la selección la fruta adecuada (en un momento de madurez óptimo), se realiza un corte en la mitad del tomate para facilitar la extracción del arilo morado y la semilla del mismo, para luego con la ayuda de una cuchara pequeña separar el arilo de la pulpa y ubicar en un recipiente.

Separación del arilo de las semillas de tomate de árbol mora

Para la separación del arilo de tomate de árbol mora se pesa la cantidad extraída en el paso anterior, seguido se suministra la misma cantidad del peso obtenido en agua para hacer una mezcla 50:50, de a poco se licúa a mediana potencia en lapsos de 10 segundos (se ubica un poco de agua junto al arilo) y se cierne el arilo hasta que quede la semilla totalmente limpia.

Empacado del arilo para refrigeración

Con la ayuda de una balanza y fundas autosellables, se ubica la solución en cantidades de 50 gramos para facilitar la congelación.

Proceso de liofilización

Las muestras de la solución congelada de arilo se trituran con ayuda de un martillo y se ubican en bandejas de aluminio en láminas muy finas para acelerar el proceso en la cámara de liofilización, para lo cual se cierra el equipo y se enciende, la misma permanece trabajando por 15 a 20 horas (en 3 o 4 lapsos de 5 horas por día) para su total extracción del principio activo del tomate de árbol mora.

Formulación de los recubrimientos comestible

La base del recubrimiento comestible está conformada por el 89.1% de agua destilada, el 4% de aceite de girasol, el 4% de almidón de yuca, el 2.5% de glicerina alimenticia, el 0.4% de Tween 80 y el porcentaje de arilo de tomate de árbol mora liofilizado (principio activo), todo esto es la base principal del recubrimiento que irá cambiando dependiendo los porcentajes a utilizar en los tratamientos.

A continuación, se explican los porcentajes y cantidades utilizadas para la formulación del recubrimiento base y recubrimientos finales según los tratamientos.

Tabla 10*Formulación base de las películas comestibles*

Ingredientes	Porcentaje de inclusión (%)	Peso (g)
Agua destilada	89.1	891
Aceite	4	40
Glicerina	2,5	25
Tween 80	0,4	4
Almidón de maíz	4	40
Total	100	1000

Nota: Formulación base utilizada para el recubrimiento comestible. Tabla de autoría

Tabla 11*Fórmulas de los recubrimientos comestibles utilizados en porcentajes*

Ingredientes	T0 (Control)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
Base de película comestible	0	100	99	98	97
Contenido de ingrediente activo	0	0	1	2	3
Total	0	100	100	100	100

Nota: Formulación final utilizada para el recubrimiento comestible. Tabla de autoría

Tabla 12*Fórmulas de los recubrimientos comestibles utilizados en gramos*

Ingredientes	T0 (g)	T1(g)	T2 (g)	T3 (g)
Base de película comestible	250	247.5	250	242.5
Contenido de ingrediente activo	0	2.5	5	7.5
Total	250	250	250	250

Nota: Formulación final en gramos utilizada para el recubrimiento comestible. Tabla de autoría

Elaboración de recubrimiento comestible

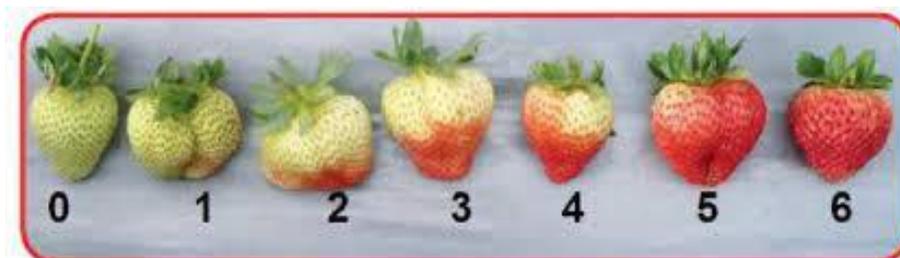
Para la elaboración de la recubrimiento comestible que será aplicado en las fresas mínimamente procesadas se procede a colocar cada uno de los ingredientes de la formulación de la película comestible en el interior del frasco de la licuadora, teniendo en cuenta los porcentajes de cada uno con respecto a la cantidad que se quiere realizar y se homogeniza muy bien todos los ingredientes por un tiempo de 10 minutos a una velocidad media, el mismo se coloca la solución en un recipiente de cristal donde se le aplica calor mediante la utilización del microondas (lapsos de 1 minutos por ocho repeticiones, en cada repetición se agita vigorosamente) y se procede a enfriar.

Proceso de desinfección, preparación y ubicación de las fresas

Para facilitar el proceso de desinfección de las fresas se ubica en un recipiente con agua a 10 ppm de hipoclorito de sodio por 5 minutos, las cuales se secan las frutas en un papel absorbente y se proceden a cortar el pedúnculo de la fresa de manera transversal en mitades (producto mínimamente procesado) y se ubican las fresas de forma separada, en un recipiente aluminio para aplicar luz UVc (240 nm) durante 7 minutos. Sin embargo hay que recordar que las fresas deben estar en un estado de madurez 4, tal y como se indica en la Figura 5:

Figura 5

Representación de los diferentes estados de madurez



Nota: Los estados de madurez son un indicativo para la realización de una buena cosecha. Recuperado de (Pazmiño, 2019)

Administración de la cubierta comestible y envasado

Ya realizada la cubierta comestible se ubica un poco de solución comestibles y por medio de inmersión se ubican las fresas previamente pesadas, se extraen las fresas con ayuda de pinzas y en las rejillas de secado se ubican en una estufa a una temperatura de 47 °C, durante 40 minutos o hasta que se encuentren completamente secas. Se procede a separar los tratamientos y se envasa hasta el control de los tratamientos.

Proceso de inoculación microbiológico y de antioxidantes

En el laboratorio de Multianálityca S.A., se realizó la inoculación de mesófilos aéreos, hongos y levadura, en la que se utilizó agar PCA (Para bacterias) según la norma NTE INEN-ISO 4833:2021 y placas petrifilm marca 3M (específicas para crecimiento de hongos y levaduras). En la placa con PCA, se incuba la muestra por 48 horas y realiza la observación del crecimiento bacteriano. En las placas petrifilm, se deja incubar la muestra a 25 °C, de forma horizontal por 48 horas, luego se observa la presencia o ausencia de hongos y levaduras.

En lo que respecta a antioxidantes, se da una muestra de 100 g. Realizan el análisis mediante la técnica HPLC-UV (mediante longitud de onda).

Pérdida de peso

- Se pesa el recipiente utilizado.
- Se ubica las fresas y se procede a pesar
- Cada 3 días se evalúa el peso perdido con la siguiente Fórmula:

$$\% \text{ Pérdida peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

Resistencia (Dureza)

- Se toma la fresa según el día de evaluación.
- Se la ubica en un lugar donde no permita moverse.
- Con el penetrómetro se introduce una fuerza y observa la resistencia de la fresa.

pH

- Se toma la muestra de fresa según el día a considerar.
- Se pesan 25 gramos de fresa y se ubican 225g de agua destilada.
- Se licuan por 3 minutos o hasta que se encuentre totalmente triturado.
- Tomar el pH-metro y medir el resultado.

° Brix

- Se toma la muestra de fresa según el día a considerar.
- Se pesan 25 gramos de fresa y se ubican 225g de agua destilada.
- Se licuan por 3 minutos o hasta que se encuentre totalmente triturado.
- Con ayuda del refractómetro se toma la medida.
- Se multiplica por 10 para tener el valor exacto y compensar la dilución realizada anteriormente.

Acidez

- Se debe realizar la solución principal (25 g de fruta que contiene el tratamiento correspondiente con 225g de agua destilada).
- Se mide el pH inicial.
- Se toma 25g de la solución y se ubica 2 gotas de fenolftaleína, se agita con firmeza.
- Se llena la bureta (10 mL) con NaOH 0.1M.
- Se deja caer el NaOH gota a gota hasta que el mismo cambie de color o que el pH-metro llegue a 8.3.
- Se mide la cantidad de NaOH utilizado en la muestra.
- Se aplica la fórmula para saber la cantidad de ácido cítrico que tiene la fresa.

$$\% \text{ Acidez (Acido cítrico)} = \frac{V1 * N1 * M}{V2}$$

Color

- Se establece un lugar de la fresa donde se pueda fijar la cámara y no haya cambios de luminosidad.
- Con la ayuda del programa Color Grab y con el celular Samsung Galaxy A10, se toma una fotografía del lugar designado.
- Reportar los datos en coordenadas L^*a^*b (L = luminosidad, a = eje de verde a rojo; b =eje de azul a amarillo) para su posterior análisis.
- Realizar este el cálculo de variación de color ΔE

Cálculo de vida útil

- Se establece la variable que posea todos los datos necesarios (en este caso se utilizó la variable pérdida de peso en porcentaje).
- Se busca una ecuación de base cinética química donde se pueda aplicar una temperatura constante.
- Se establecen dos fórmulas: una de forma lineal (de orden 0) y otra de forma exponencial (de orden 1).
- Se obtienen los valores de: C = Calidad residual, C_0 = calidad inicial, K = constante de velocidad de deterioro y t = tiempo de vida útil.
- Del valor de R (dado por la ecuación lineal o exponencial) que posea un valor mayor entre las dos ecuaciones, se establece la fórmula que vamos a utilizar.
- Las ecuaciones a utilizar para una temperatura constante son: $C=C_0-kt$ para orden 0; $C=C_0 \cdot e^{(-kt)}$; para el orden 1, donde despejando se obtiene $\ln(C)=\ln(C_0)-kt$

Evaluación Sensorial

Con los tratamientos analizados, se realiza nuevamente el tratamiento para evaluación sensorial donde se pone en consideración Sabor (de fermentado a amargo), textura, olor y aspecto general de la fruta, donde se le ubica una calificación que va de 1 a 5, según lo

descrito en la hoja de cuestionario.

Se escogieron 9 personas, las cuales participarán como jueces semientrenados (tomaron una clase previa de análisis sensorial) y darán su veredicto de forma escrita. Luego se tabula los datos y se procede a ubicar los resultados.

Cada muestra tiene un código, siendo: F7227 el T0, F9669 el T1, F6996 el T2, F7447 el T3 y F4224 el T4.

Diseño experimental

Al realizar el efecto del extracto liofilizado de tomate de árbol mora con las distintas concentraciones utilizadas (1, 2 y 3%), se determinó 5 tratamientos (Control, C0%, C1%, C2% y C3%) con 3 repeticiones, las cuales se analizará completamente al azar y mediante un modelo por parcela dividida, la cual se utiliza el modelo experimental:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + \delta k(i) + D_j + (R * D)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} : Variable de respuesta evaluada (% pérdida de peso, dureza, pH, % acidez, Color y ° Brix)
- μ : Media general
- R_i : Parcela grande (recubrimiento comestible con distintas concentraciones de arilo liofilizado de tomate de árbol mora).
- $\delta k(i)$: Error para la parcela grande
- D_j : Parcela pequeña (Días de evaluación)
- $R * D)_{ij}$: Interacción entre la parcela grande y la parcela pequeña.
- ϵ_{ijk} : Error para la parcela pequeña

Factores utilizados.

Tabla 13

Tratamientos utilizados para la evaluación de las películas comestibles

Concentraciones del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora	Tratamiento	Composición
0 %	T0	Sin recubrimiento comestible
0 %	T1	Base de recubrimiento comestible
1%	T2	Base del recubrimiento comestible + 1% de extracto liofilizado
2%	T3	Base del recubrimiento comestible + 2% de extracto liofilizado
3%	T4	Base del recubrimiento comestible + 3% de extracto liofilizado

Nota: Tratamiento utilizados para la evaluación de películas comestibles en diferentes niveles de adición. Tabla de autoría

Teniendo en cuenta los recubrimientos y su nivel de adición, se realiza el esquema de la parcela grande (Tratamiento) y la parcela pequeña (Días evaluados), el mismo se representa en la Tabla 14.

Tabla 14

Tratamientos.

	Parcela grande	Parcela pequeña
T0	Sin recubrimiento comestible	Día 3
		Día 6
		Día 9
		Día 12
T1	Base de recubrimiento comestible	Día 3
		Día 6
		Día 9
		Día 12

	Parcela grande	Parcela pequeña
		Día 3
T2	Base del recubrimiento comestible + 1% de extracto liofilizado	Día 6
		Día 9
		Día 12
		Día 3
T3	Base del recubrimiento comestible + 2% de extracto liofilizado	Día 6
		Día 9
		Día 12
		Día 3
T4	Base del recubrimiento comestible + 3% de extracto liofilizado	Día 6
		Día 9
		Día 12

Nota: Los tratamientos utilizados en la fase experimental se establece como parcela grande, mientras que los días analizados son la parcela pequeña.
Tabla de autoría.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Extracción y liofilización de arilo de tomate de árbol mora

Para la extracción del arilo de tomate de árbol mora se realizó de manera manual, extrayendo el arilo (mucílago) junto a las semillas, la cual se pesó el mismo junto a agua destilada, dando la siguiente información representados en las Tablas 15 y 16:

Tabla 15

Rendimiento del arilo de tomate de árbol mora.

Técnica	Peso arilo + semillas (g)	Peso semillas (g)	Peso arilo (g)	Rendimiento (%)
Extracción casera	1489	141	1348	90.53

Nota: Representación del rendimiento del arilo de tomate de árbol mora mediante la técnica de extracción casera y pesaje de mucílago junto a las semillas. Tabla de autoría

La muestra inicial tomada de arilo de tomate mora junto a sus semillas fue de 1489 g. Se extrajo un total de 1348 g de arilo (mucílago), dando un rendimiento de 90.53%.

Tabla 16

Elaboración de extracto base de tomate mora.

	Peso de arilo	Agua destilada	Total
Unidad (g)	1348	1500	2848
Porcentaje (%)	47.33	52.67	100

Nota: Representación de pesos y porcentajes utilizados en la realización de extracto base, los cuales tuvieron una adición de arilo de tomate de árbol mora y agua destilada. Tabla de autoría.

Para la extracción del arilo del tomate mora, se utiliza agua destilada en una proporción aproximada 1:1 con relación al arilo + semillas. De esa mezcla se forma un extracto de pulpa que contiene 1348 g de arilo puro (47.33 %) y 1500 g de agua destilada (52.67 %).

De la muestra de extracto base de tomate de árbol mora se separó una muestra de 271 g para realización del liofilizado, la misma tuvo los siguientes resultados representados en la Tabla 17:

Tabla 17

Rendimiento del arilo liofilizado con respecto a la base de pulpa y arilo puro

Extracto base (g)	Arilo puro (g)	Liofilizado (g)	Rendimiento en extracto (%)	Rendimiento arilo puro (%)
271	128.25	23	8.49	17.93

Nota: Representación de los pesos y rendimientos de arilo de tomate mora reportados durante la realización de la fase experimental. Tabla de autoría.

El rendimiento del liofilizado varía según la base que se tome en consideración. Cuando se escoge la base de pulpa de arilo, el rendimiento es de 8.49% respecto a los 271g del total; mientras que, si se escoge una porción de arilo puro (sin adición de agua), este tendrá un rendimiento de 17.93%. De los 271 g de extracto base se obtuvo 23g de liofilizado.

Análisis de antioxidantes.

Tomando 100 g de muestra de base de pulpa de tomate mora, se procedió a congelar a 0 °C, hasta llevarla a laboratorio. En el laboratorio Multianálityca S.A., se recibió los 100 g de muestra y se realizó el análisis de antioxidantes como: betacaroteno (Vitamina A), Vitamina C y Vitamina E. Los cuales arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 18

Resultados de antioxidantes presentes en extracto base del arilo del tomate mora

Parámetro	Resultado	Unidad
Betacaroteno	0.29	mg/100g
Vitamina C	4.29	mg/100g
Vitamina E	0.00	mg/100g

Nota: Cantidad de antioxidantes reportados en el laboratorio Multianálityca S.A., de la muestra de extracto utilizado en la tesis.
Tabla de autoría.

En la Tabla 18 se observa la ausencia de la Vitamina E en los 100 g de muestra base, sin embargo, la cantidad de vitamina C y betacaroteno se encuentran en valores de 4.30 y 0.29 mg/100g respectivamente. Todo esto se reporta en la Tabla 19 para establecer con exactitud la cantidad de antioxidantes por cada 100g de arilo puro y arilo liofilizado que se utilizó para el recubrimiento comestible.

Tabla 19

Cantidad de antioxidantes presentes en arilo puro y arilo liofilizado de tomate de árbol mora

Parámetro	Resultados mg/100g	
	Arilo puro	Liofilizado
Betacaroteno	0.61	3.42
Vitamina C	9.09	50.70
Vitamina E	0.00	0.00

Nota: Cantidad de antioxidantes presentes por cada 100g de muestra de arilo puro y arilo liofilizado. Tabla de autoría.

La ausencia de vitamina E en el arilo puro liofilizado de tomate de árbol mora es evidente, mientras que el Betacaroteno (vitamina A) se encuentra en 0.61 mg/100g en arilo puro y 3.42 mg/100g en liofilizado; mientras que, la Vitamina C se encuentra en 9.09 mg/100g de arilo puro y 50.7 mg/100g de producto liofilizado.

Elaboración de recubrimiento comestible

La cantidad de antioxidantes incluidos en el recubrimiento comestible varía según su porcentaje de adición seleccionado del liofilizado del extracto del arilo tomate de árbol mora, los mismos se representa en la Tabla 20.

Tabla 20

Cantidades de antioxidantes utilizados en la elaboración de recubrimientos comestibles

Antioxidante	T0	T1	T2	T3	T4
	(mg/500g)	(mg/500g)	(mg/500g)	(mg/500g)	(mg/500g)
Betacaroteno	0.00	0.00	0.17	0.34	0.51
Vitamina C	0.00	0.00	2.54	5.07	7.60

Nota: Cantidad de antioxidantes presentes por cada 500 g de recubrimiento comestible.

La cantidad de antioxidantes presentes en cada tratamiento (T2, T3 y T4), está dado por la adición de 1, 2 y 3% de liofilizado del extracto obtenido del arilo se semillas de tomate de árbol mora en los recubrimientos comestibles. El T0 y T1 no presentan cantidad alguna de antioxidantes en su recubrimiento comestible. El T2, T3 y T4 presenta aproximadamente 0.17, 0.34 y 0.51mg de betacaroteno por cada 500g de recubrimiento comestible, de igual manera, los mismos tratamientos presentan 2.54, 5.07 y 7.60 mg de Vitamina C por cada 500g de recubrimiento.

Evaluación de parámetros físicos y químicos

Durante el almacenamiento de los tratamientos se evaluaron algunas variables físico químicas, con tomas de datos por triplicado desde el día 3 al día 12 se realizó un cálculo estadístico de medias, desviación estándar, varianza y error experimental, en la que se tomó en consideración las variables físicas (color, % pérdida de peso y dureza) y variables químicas (Brix. pH y % de acidez).

Tabla 21

Cuadro de resumen de las variables evaluadas

Variable	n	Media	D. E.	Var (n-1)	E. E.
% peso	60	4.71	2.07	4.29	0.27
Dureza	60	2.61	0.84	0.70	0.11
Brix	60	6.38	0.71	0.50	0.09
pH	60	3.59	0.24	0.06	0.03
% acidez	60	2.06	0.22	0.05	0,03
Color	60	27.40	10.18	103.69	1.31

Nota: Medidas de resumen de las variables analizadas durante 12 días de evaluación. Tabla de autoría.

Supuestos de análisis de varianza

Al realizar la tabulación de los datos arrojados durante los 12 días que duró la evaluación de parámetros físico-químicos y aceptando la hipótesis nula, se realizaron las pruebas de Normalidad y homocedasticidad.

Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

Para el análisis de Normalidad, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks, donde al aceptar la H₀, los residuos se deben distribuir de forma normal con un $p > 0,05$, los cuales se representa en la Tabla 22.

Tabla 22

Representación del supuesto de normalidad de las variables evaluadas

Variable	n	Media	D. E.	W*	p (unilateral D)
RDUO % peso	60	0.00	0.86	0.95	0.0709
RDUO Dureza	60	0.00	0.14	0.96	0.2748
RDUO Brix	60	0.00	0.49	0.96	0.2285
RDUO pH	60	0.00	0.04	0.97	0.4746
RDUO % acidez	60	0.00	0.06	0.97	0.5770
RDUO Color	60	0.00	3.34	0.96	0.1633

Nota: Los residuos se distribuyen de forma normal debido a que se acepta la H₀ donde $p > 0,05$. Tabla de autoría.

Tal y como se observa en la Tabla 21, el valor p es mayor a 0.05, esto indica que se acepta la H0, en donde el RDUO %peso posee un $p=0.0709$, RDUO Dureza un $p=0.2748$, RDUO Brix un $p=0.2285$, RDUO pH un $p=0.4746$, RDUO % acidez un $p=0.5770$ y RDUO Color un $p=0.1633$. Con estos resultados se procede a analizar el supuesto de homocedasticidad.

Supuesto de Homocedasticidad (Levene)

Para el análisis de Homocedasticidad, se realizó la prueba de Levene, en los que se toma en consideración los residuos absolutos de los mismos (debido a que se aceptó la H0), las variables utilizadas deben tener un p-valor mayor a 0.05. A continuación se representa cada una de las variables, donde se revisó si los datos son homogéneos.

% de Peso perdido.

Se analizó el supuesto de homocedasticidad de Levene con los residuos absolutos del porcentaje del peso perdido, el p-valor equivale a 0.1131 y $F=1.5713$, por lo que los datos evaluados poseen homogeneidad debido a su p-valor mayor a 0.05, así lo afirma la Tabla 23.

Tabla 23

Análisis del supuesto de homocedasticidad en el % de peso perdido en fresa

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.1272	19	0.3751	1.5713	0.1131
Tratamiento	7.1272	19	0.3751	1.5713	0.1131
Error	9.5494	40	0.2387		
Total	16.6766	59			

Nota: Los residuos absolutos en el % de peso perdido se distribuye de forma normal debido a que se acepta la H0 donde $p>0,05$. Tabla de autoría.

Dureza

Se analizó el supuesto de homocedasticidad de Levene con los residuos absolutos de la dureza, el p-valor equivale a 0.0808 y $F= 1.6888$, por lo que los datos evaluados poseen homogeneidad, así lo afirma la Tabla 24.

Tabla 24

Análisis del supuesto de homocedasticidad en dureza de la fresa

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.2163	19	0.0114	1.6888	0.0808
Tratamiento	0.2163	19	0.0114	1.6888	0.0808
Error	0.2696	40	0.0067		
Total	0.4859	59			

Nota: Los residuos absolutos en la dureza se distribuye de forma normal debido a que se acepta la H_0 donde $p>0,05$. Tabla de autoría.

Brix

Se analizó el supuesto de homocedasticidad de Levene con los residuos absolutos de los grados Brix, el p-valor equivale a 0.0547 y $F= 1.8226$, por lo que los datos evaluados poseen homogeneidad, así lo afirma la Tabla 25.

Tabla 25

Análisis del supuesto de homocedasticidad en ° Brix

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.4144	19	0.1271	1.8226	0.0547
Tratamiento	2.4144	19	0.1271	1.8226	0.0547
Error	2.7889	40	0.0697		
Total	5.2033	59			

Nota: Los residuos absolutos en los grados Brix se distribuye de forma normal debido a que se acepta la H_0 donde $p>0,05$. Tabla de autoría.

pH

Se analizó el supuesto de homocedasticidad de Levene con los residuos absolutos del pH, el p-valor equivale a 0.1096 y $F= 1.5825$, por lo que los datos evaluados poseen homogeneidad, así lo afirma la Tabla 26.

Tabla 26

Análisis del supuesto de homocedasticidad en el pH

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.0115	19	0.0006	1.5825	0.1096
Tratamiento	0.0115	19	0.0006	1.5825	0.1096
Error	0.0153	40	0.0004		
Total	0.0268	59			

Nota: Los residuos absolutos en el pH se distribuye de forma normal debido a que se acepta la H_0 donde $p>0,05$. Tabla de autoría.

% acidez (ácido cítrico)

Se analizó el supuesto de homocedasticidad de Levene con los residuos absolutos del porcentaje de acidez de la fresa, el p-valor equivale a 0.1818 y $F= 1.4000$, por lo que los datos evaluados poseen homogeneidad, así lo afirma la Tabla 27.

Tabla 27

Análisis del supuesto de homocedasticidad en el % de acidez (ácido cítrico)

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.0407	19	0.0021	1.4000	0.1818
Tratamiento	0.0407	19	0.0021	1.4000	0.1818
Error	0.0612	40	0.0015		
Total	0.1020	59			

Nota: Los residuos absolutos en el % de acidez (ácido cítrico) se distribuye de forma normal debido a que se acepta la H_0 donde $p>0,05$. Tabla de autoría.

Color (ΔE)

Se analizó el supuesto de homocedasticidad de Levene con los residuos absolutos de la distancia de evolución del color en fresa en los 12 días de evaluación, el p-valor equivale a 0.6032 y $F = 0.8837$, por lo que los datos evaluados poseen homogeneidad, así lo afirma la Tabla 28.

Tabla 28

Análisis del supuesto de homocedasticidad en el % de peso perdido

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	49.4102	19	2.6005	0.8837	0.6032
Tratamiento	49.4102	19	2.6005	0.8837	0.6032
Error	117.7154	40	2.9429		
Total	167.1255	59			

Nota: Los residuos absolutos en el color (ΔE) de la fresa se distribuye de forma normal debido a que se acepta la H_0 donde $p > 0,05$. Tabla de autoría.

Análisis de varianza (ANAVA)

Permitió reconocer una interacción entre un tratamiento y el día en que ha sido evaluado, esto depende de la variable analizada. Se realizó un análisis de cada una de las variables de respuesta y se describen a continuación:

% de peso perdido

La interacción del tratamiento (parcela grande) y la evaluación por día (parcela pequeña) es positiva, en relación con la variable de % de peso perdido en la fresa ($p = 0.0373$ y $F = 1.12$), así se observa en la Tabla 29.

Tabla 29

Análisis de varianza en la variable % de peso perdido en fresa

	FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		223.94	25	8.96	10.49	<0.0001
Parcela grande /Parcela gran.		17.74	2	8.87	10.39	0.0003
Parcela grande >Repetición		17.12	10	1.71	2.01	0.0640
Parcela pequeña		186.63	3	62.21	72.88	<0.0001
Parcela grande *Parcela peq.		12.52	12	0.96	1.12	0.0373
Error		29.02	34	0.85		
Total		252.96	59			

Nota: Análisis de varianza en la variable % de peso perdido, en la que se aplicó un DCA para parcela dividida con tres repeticiones. Tabla de autoría.

En el análisis de medias para la varia % de peso perdido, se encontró que el T4 tuvo la mayor pérdida de peso, con un valor de 7.52% en relación al día 3, donde presentaba la menor pérdida de peso (1.58%). Es evidente que la pérdida de peso avanza con rapidez a lo que más tiempo permanece en percha. Todo lo mencionado fue realizado con la prueba de Tukey $\alpha=0.05$, y se representa en la Tabla 30.

Tabla 30

Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable % de peso perdido

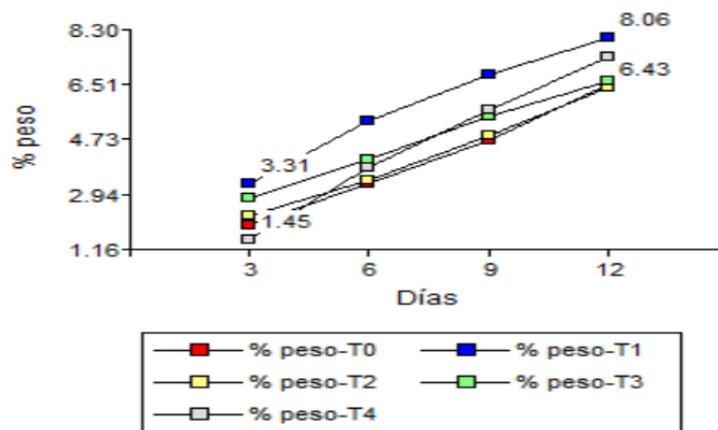
Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.						
T4	3	1.58	3	0.49	A					
T1	3	2.14	3	0.49	A					
T0	3	2.54	3	0.49	A	B				
T2	3	2.72	3	0.49	A	B	C			
T3	3	2.77	3	0.49	A	B	C	D		
T2	6	3.88	3	0.49	A	B	C	D	E	
T0	6	3.89	3	0.49	A	B	C	D	E	
T4	6	3.93	3	0.49	A	B	C	D	E	
T3	6	4.04	3	0.49	A	B	C	D	E	F
T1	6	4.17	3	0.49	A	B	C	D	E	F

Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.						
T0	9	5.28	3	0.49	B	C	D	E	F	G
T2	9	5.35	3	0.49	B	C	D	E	F	G
T3	9	5.47	3	0.49		C	D	E	F	G
T1	9	5.66	3	0.49			D	E	F	G
T4	9	5.82	3	0.49				E	F	G
T3	12	6.57	3	0.49				E	F	G
T1	12	6.89	3	0.49					F	G
T2	12	6.90	3	0.49					F	G
T0	12	7.14	3	0.49						G
T4	12	7.52	3	0.49						G

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). Tabla de autoría.

Figura 6

Gráfico de puntos de la variable % de peso perdido



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable % de peso perdido.

Dureza (kgf)

La interacción del tratamiento (parcela grande) y la evaluación por día (parcela pequeña) es positiva, en relación con la variable dureza en fresa ($p=0.0021$ y $F= 3.47$), así se observa en la Tabla 31.

Tabla 31

Análisis de varianza en la variable dureza en fresa

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35.88	25	1.44	9.19	<0.0001
Parcela grande /Parcela gran.	0.02	2	0.01	0.07	0.9331
Parcela grande >Repetición	0.17	10	0.02	0.11	0.9996
Parcela pequeña	29.11	3	9.70	62.11	<0.0001
Parcela grande *Parcela peq.	6.50	12	0.54	3.47	0.0021
Error	5.31	34	0.16		
Total	41.19	59			

Nota: Análisis de varianza en la variable dureza, en la que se aplicó un DCA para parcela dividida con tres repeticiones. Tabla de autoría.

En el análisis de medias para la evaluación de la dureza, el T4 presentó mayor dureza a los 3 días de evaluación con un valor de 3.76 kg/cm² en relación al mismo tratamiento que a los 12 días presentó una dureza de 1.03 kg/cm², dando una pauta que presenta un grado de descomposición. Todo lo mencionado fue realizado con la prueba de Tukey $\alpha= 0.05$, y se representa en la Tabla 32.

Tabla 32

Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable dureza

Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.			
T4	12	1.03	3	0.21	A		
T2	12	1.21	3	0.21	A		
T3	12	1.27	3	0.21	A		
T1	12	1.93	3	0.21	A	B	
T4	9	2.00	3	0.21	A	B	C

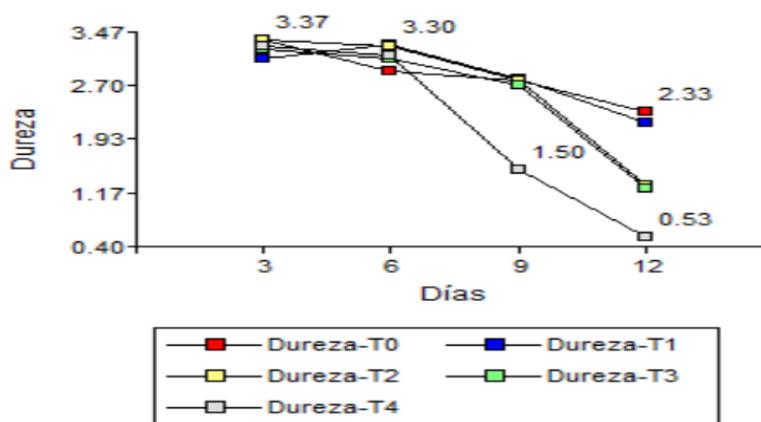
Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.				
T0	12	2.10	3	0.21	A	B	C	D
T0	9	2.53	3	0.21		B	C	D E
T1	9	2.56	3	0.21		B	C	D E
T0	6	2.66	3	0.21		B	C	D E
T2	9	2.71	3	0.21		B	C	D E
T3	9	2.74	3	0.21		B	C	D E
T1	3	2.86	3	0.21		B	C	D E
T1	6	3.06	3	0.21		B	C	D E
T0	3	3.13	3	0.21		B	C	D E
T3	6	3.14	3	0.21		B	C	D E
T2	6	3.21	3	0.21			C	D E
T3	3	3.27	3	0.21				D E
T2	3	3.31	3	0.21				D E
T4	6	3.63	3	0.21				E
T4	3	3.76	3	0.21				E

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Tabla de autoría.

Figura 7

Gráfico de puntos de la variable dureza en kgf



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable dureza.

° Brix

La interacción del tratamiento (parcela grande) y la evaluación por día (parcela pequeña) es positiva, en relación con la variable ° Brix en la fresa ($p=0.0190$ y $F= 2.47$), así se observa en la Tabla 33

Tabla 33

Análisis de varianza en la variable ° Brix en fresa

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19.05	25	0.76	2.42	0.0086
Parcela grande /Parcela grande	1.39	2	0.69	2.20	0.1263
Parcela grande >Repetición	3.08	10	0.31	0.98	0.4800
Parcela pequeña	7.34	3	2.45	7.77	0.0004
Parcela grande *Parcela peq.	9.35	12	0.78	2.47	0.0190
Error	10.71	34	0.32		
Total	29.76	59			

Nota: Análisis de varianza en la variable ° Brix, en la que se aplicó un DCA para parcela dividida con tres repeticiones. Tabla de autoría.

Aunque los °Brix en fresas varía, el T4 al día 3 presenta la mayor cantidad de sólidos solubles (azúcares) con 7.32 °Brix. A raíz que el tiempo avanza, el mismo tratamiento presenta en el día 12 una cantidad de sólidos solubles representada por 5.55 °Brix, siendo menor a la muestra inicial. Todo lo mencionado fue realizado con la prueba de Tukey $\alpha= 0.05$, y se representa en la Tabla 34.

Tabla 34

Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable ° Brix

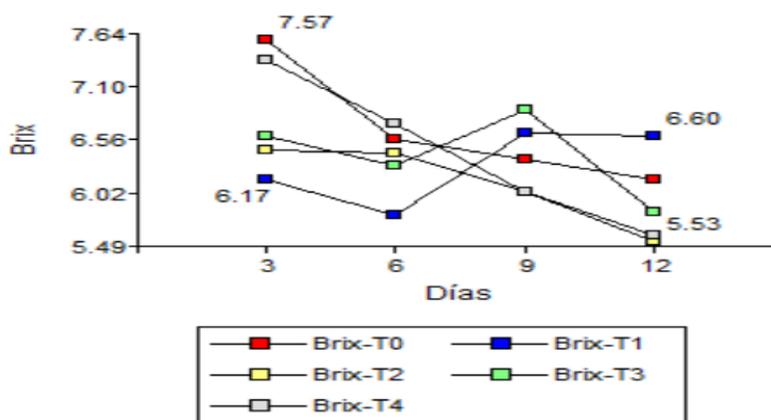
Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.		
T4	12	5.55	3	0.30	A	
T2	12	5.80	3	0.38	A	B
T3	12	5.82	3	0.30	A	B
T0	12	5.88	3	0.30	A	B
T1	6	5.88	3	0.30	A	B
T4	9	5.98	3	0.30	A	B

Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.		
T0	9	6.08	3	0.30	A	B
T1	3	6.25	3	0.30	A	B
T0	6	6.28	3	0.30	A	B
T3	6	6.28	3	0.30	A	B
T2	9	6.30	3	0.30	A	B
T3	3	6.58	3	0.30	A	B
T4	6	6.68	3	0.30	A	B
T1	12	6.68	3	0.30	A	B
T2	6	6.70	3	0.30	A	B
T1	9	6.72	3	0.30	A	B
T2	3	6.73	3	0.30	A	B
T3	9	6.85	3	0.30	A	B
T0	3	7.28	3	0.30	A	B
T4	3	7.32	3	0.30		B

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Tabla de autoría.

Figura 8

Gráfico de puntos de la variable °Brix



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable ° Brix.

pH

La interacción del tratamiento (parcela grande) y la evaluación por día (parcela pequeña) es positiva, en relación con la variable pH en fresa ($p=0.0137$ y $F= 2.62$), así se observa en la Tabla 35

Tabla 35

Análisis de varianza en la variable pH en fresa

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.13	25	0.13	29.31	<0.0001
Parcela grande /Parcela grande	4.5E-03	2	2.3E-03	0.53	0.5940
Parcela grande >Repetición	3.6E-03	10	3.6E-04	0.08	0.9999
Parcela pequeña	2.99	3	1.00	233.59	<0.0001
Parcela grande *Parcela peq.	0.13	12	0.01	2.62	0.0137
Error	0.15	34	4.3E-03		
Total	3.27	59			

Nota: Análisis de varianza en la variable pH, en la que se aplicó un DCA para parcela dividida con tres repeticiones. Tabla de autoría.

El pH de la fresa al día 6 de evaluación presenta en el T2 un valor 3.79, al compararlo con el T3 y T4 en el mismo día, cuyos valores fueron 3.6 y 3.61 respectivamente. Todo lo mencionado fue realizado con la prueba de Tukey $\alpha= 0.05$, y se representa en la Tabla 36.

Tabla 36

Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable pH

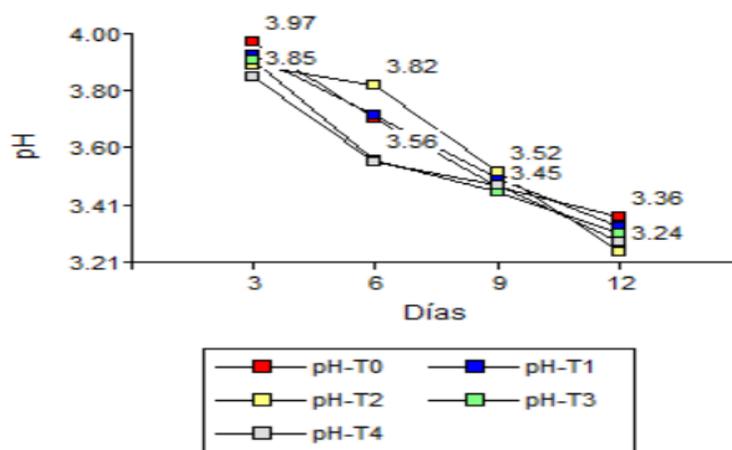
Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.					
T2	12	3.22	3	0.03	A				
T1	12	3.31	3	0.03	A	B			
T0	12	3.33	3	0.03	A	B	C		
T4	12	3.33	3	0.03	A	B	C		
T3	12	3.34	3	0.03	A	B	C		
T0	9	3.43	3	0.03		B	C	D	
T1	9	3.47	3	0.03		B	C	D	E
T3	9	3.49	3	0.03		B	C	D	E F
T2	9	3.50	3	0.03		B	C	D	E F

Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.							
T4	9	3.53	3	0.03	C	D	E	F			
T3	6	3.60	3	0.03		D	E	F	G		
T4	6	3.61	3	0.03		D	E	F	G		
T0	6	3.67	3	0.03			E	F	G	H	
T1	6	3.69	3	0.03				F	G	H	
T2	6	3.79	3	0.03					G	H	I
T2	3	3.86	3	0.03						H	I
T1	3	3.90	3	0.03							I
T4	3	3.90	3	0.03							I
T0	3	3.93	3	0.03							I
T3	3	3.94	3	0.03							I

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). Tabla de autoría.

Figura 9

Gráfico de puntos de la variable pH



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable pH.

% de acidez (ácido cítrico)

La interacción del tratamiento (parcela grande) y la evaluación por día (parcela pequeña) es positiva, en relación con la variable % de acidez en fresa ($p=0.0001$ y $F= 7.22$), así se observa en la Tabla 37

Tabla 37

Análisis de varianza en la variable % de acidez en fresa

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.26	25	0.09	5.40	<0.0001
Parcela grande /Parcela grande	3.0E-03	2	1.5E-03	0.09	0.9156
Parcela grande >Repetición	0.06	10	0.01	0.34	0.9621
Parcela pequeña	0.77	3	0.26	15.36	<0.0001
Parcela grande *Parcela peq.	1.45	12	0.12	7.22	0.0001
Error	0.57	34	0.02		
Total	2.83	59			

Nota: Análisis de varianza en la variable % de acidez, en la que se aplicó un DCA para parcela dividida con tres repeticiones. Tabla de autoría.

El % de acidez de la fresa en el T1 a los 12 días de evaluación presentó un valor de 2.4%, en comparación al T0 en el mismo día, cuyo valor reportado es de 1.82%, lo que es estadísticamente diferente. Todo lo mencionado fue realizado con la prueba de Tukey $\alpha=0.05$, y se representa en la Tabla 38.

Tabla 38

Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable % de acidez

Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.					
T4	6	1.70	3	0.07	A				
T1	6	1.73	3	0.07	A	B			
T0	12	1.82	3	0.07	A	B	C		
T3	6	1.89	3	0.07	A	B	C	D	
T2	9	1.96	3	0.07	A	B	C	D	
T2	6	1.96	3	0.07	A	B	C	D	
T0	9	1.97	3	0.07	A	B	C	D	
T3	3	1.99	3	0.07	A	B	C	D	E
T1	9	2.01	3	0.07	A	B	C	D	E
T4	3	2.03	3	0.07	A	B	C	D	E
T2	3	2.06	3	0.07	A	B	C	D	E
T1	3	2.11	3	0.07		B	C	D	E
T4	9	2.13	3	0.07		B	C	D	E
T3	12	2.17	3	0.07			C	D	E
T3	9	2.20	3	0.07			C	D	E

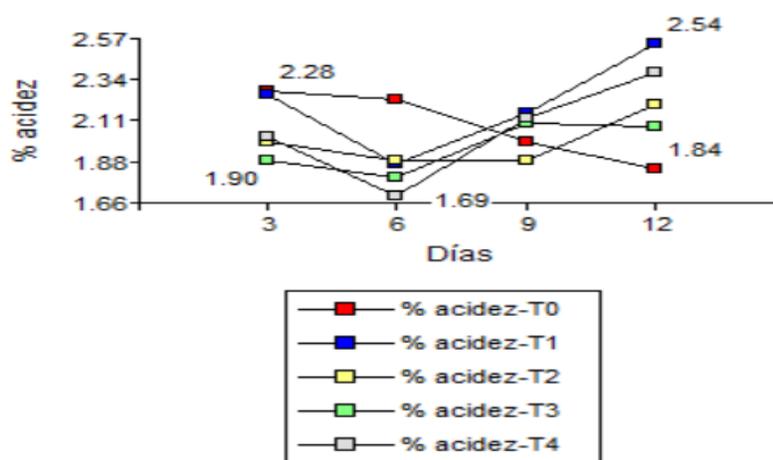
Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.			
T0	6	2.20	3	0.07	C	D	E
T0	3	2.25	3	0.07		D	E
T2	12	2.27	3	0.07		D	E
T4	12	2.39	3	0.07			E
T1	12	2.40	3	0.07			E

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Tabla de autoría.

Figura 10

Gráfico de puntos de la variable % de acidez



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable % de acidez.

Color (ΔE)

La interacción del tratamiento (parcela grande) y la evaluación por día (parcela pequeña) es positiva, en relación con la variable distancia del color ΔE en la fresa ($p=0.0009$ y $F= 3.88$), así se observa en la Tabla 39

Tabla 39

Análisis de varianza en la variable distancia del color ΔE en fresa

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3928.08	25	157.12	2.44	0.0080
Parcela grande /Parcela grande	10.20	2	5.10	0.08	0.9240
Parcela grande >Repetición	159.02	10	15.90	0.25	0.9884
Parcela pequeña	782.08	3	260.69	4.05	0.0146
Parcela grande *Parcela peq.	2996.37	12	249.70	3.88	0.0009
Error	2189.84	34	64.41		
Total	6117.92	59			

Nota: Análisis de varianza en la variable distancia del color ΔE , en la que se aplicó un DCA para parcela dividida con tres repeticiones. Tabla de autoría.

La distancia de color ΔE realizada en CieLab señala que, el T0 a los 12 días de su evaluación presenta la mayor distancia en relación a la muestra en el día 0 (la utilizada para medir distancias), la misma presenta un valor $\Delta E=49.11$, caso contrario ocurre en el T4 en el mismo día el mismo presentó apenas una distancia $\Delta E=21.97$, lo que es un precedente para establecer que el cambio de color fue relativamente bajo. Todo lo mencionado fue realizado con la prueba de Tukey $\alpha = 0.05$, y se representa en la Tabla 40.

Tabla 40

Prueba de comparación de medias de Tukey en la variable distancia del color ΔE

Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.		
T0	3	11.66	3	4.27	A	
T0	6	17.29	3	4.27	A	
T2	6	21.01	3	4.27	A	
T3	9	21.81	3	4.27	A	
T4	12	21.97	3	4.27	A	
T2	9	22.54	3	4.27	A	
T1	9	22.72	3	4.27	A	
T1	6	23.02	3	4.27	A	
T3	12	24.87	3	4.27	A	B
T4	6	24.89	3	4.27	A	B

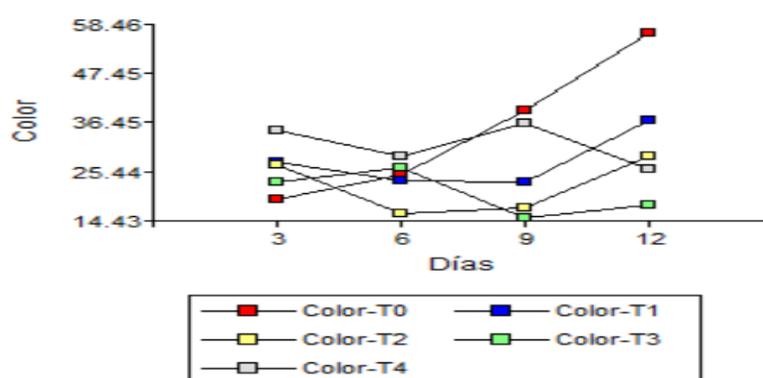
Tratamiento	Día	Medias	n	E.E.		
T1	3	27.33	3	4.27	A	B
T3	3	29.88	3	4.27	A	B
T4	3	30.65	3	4.27	A	B
T0	9	31.54	3	4.27	A	B
T4	9	32.10	3	4.27	A	B
T2	3	32.17	3	4.27	A	B
T3	6	33.05	3	4.27	A	B
T2	12	33.89	3	4.27	A	B
T1	12	36.55	3	4.27	A	B
T0	12	49.11	3	4.27		B

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Tabla de autoría.

Figura 11

Gráfico de puntos de la variable distancia de color ΔE



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable distancia de color ΔE .

Correlación de Pearson

Señala el grado de asociatividad positiva, neutra o negativa de dos variables evaluadas, la misma permite conocer el grado de orden de dos variables. En la realización de nuestra matriz se encontraron 30 posibles valores de correlación, donde se tomó en consideración los valores más altos.

Tabla 41

Análisis de correlación de Pearson en las variables analizadas

	% peso	Dureza	Brix	pH	% acidez	Color
% peso	1.0000	3.08x10 ⁻⁹	0.0018	0.0000	0.0136	0.1599
Dureza	-0.6760	1.0000	0.002	0.0000	0.0005	0.2350
Brix	-0.3942	0.4603	1.0000	0.0018	0.6731	0.6224
pH	-0.7971	0.7786	0.3944	1.0000	0.1483	0.0486
% acidez	0.3171	-0.4349	0.0556	-0.1889	1.0000	0.7409
Color	0.1838	-0.1557	-0.0649	-0.2558	-0.0436	1.0000

Nota: El análisis de correlación de Pearson en las variables analizadas van desde una correlación negativa hasta una correlación positiva. Tabla de autoría.

Se encontró un grado de asociación positiva en varias asociaciones de variables. Se tomó como las mejores a las que la correlación es mayor a +0.5.

Las variables que tienen una correlación aceptable son:

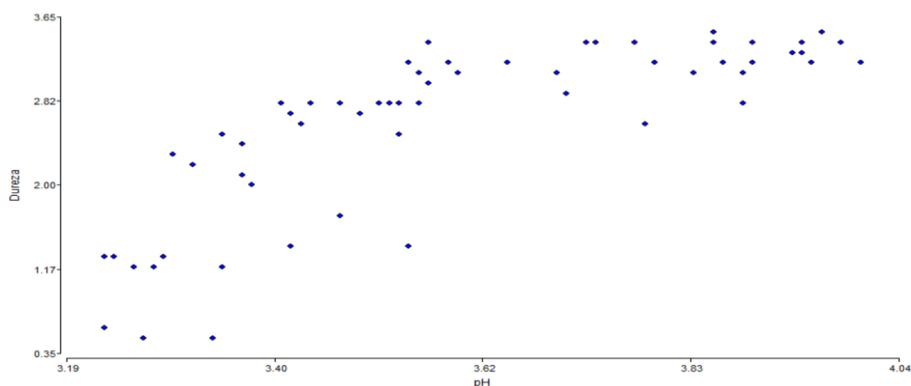
- Color (ΔE) - ° Brix con 0.6224.
- % de acidez - ° Brix con 0.6731

Las variables que tienen una buena correlación son:

- Color (ΔE) - % de acidez con 0.7409
- Dureza – pH con 0.7786

Figura 12

Gráfico de correlación entre pH vs dureza



Nota: Diagrama de dispersión para la correlación entre el pH y la dureza de la fresa, la misma presentó el valor más alto. Tabla de autoría.

Análisis microbiológico

Al realizar los análisis de las variables medidas, se vio la presencia de microorganismos que estaban colonizando las fresas. Terminado el día 12 de la evaluación, se llevaron las muestras al laboratorio Multianálityca S.A., donde se consideró evaluar dos tratamientos (uno sin ingrediente activo y otro con ingrediente activo), escogiendo los que tenían mayor presencia de microorganismos para la realización de un recuento de hongos, levaduras y mesófilos aéreos. Pasados 6 días de entregadas las muestras, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 42

Prueba de recuento microbiano en el T1 a los 12 días de evaluación

Parámetros	Resultado	Unidad
Recuento de aerobios mesófilos totales	$4.8 \cdot 10^4$	UFC/g
Recuento de mohos	$3.0 \cdot 10^3$	UFC/g
Recuento de levaduras	$1.7 \cdot 10^5$	UFC/g

Nota: La cantidad de microorganismos presentes depende de su grado de incidencia en la fruta. Tabla de autoría.

Figura 13

Fotografía de las colonias de mohos, levaduras y aerobios mesófilos



Nota: Los medios de cultivo presentan un crecimiento alto en levaduras, seguido de mesófilos aéreos y mohos.

Tal como menciona la tabla 42 y tabla 43, el T1 presenta mayor presencia de hongos, bacterias y levadura, a comparación del T4.

Tabla 43

Prueba de recuento microbiano en el T4 a los 12 días de evaluación

Parámetros	Resultado	Unidad
Recuento de aerobios mesófilos totales	$4.1 \cdot 10^4$	UFC/g
Recuento de mohos	$1.0 \cdot 10^3$	UFC/g
Recuento de levaduras	$1.5 \cdot 10^5$	UFC/g

Nota: La cantidad de microorganismos presentes depende de su grado de incidencia en la fruta. Tabla de autoría.

Figura 14

Fotografía de las colonias de mohos, levaduras y aerobios mesófilos



Nota: Los medios de cultivo presentan un crecimiento alto en levaduras, seguido de mesófilos aéreos y mohos.

Cálculo de vida útil

Para el cálculo de vida útil se utilizó las fórmulas de cinética química en la que se aplica una temperatura constante. Para ello se utilizó como base el promedio del porcentaje de pérdida de peso por cada tratamiento, tal y como lo muestra la Tabla 44.

Tabla 44

Representación de pérdida de peso en porcentaje

Día de evaluación	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
0	100	100	100	100	100
3	98.11	96.72	97.75	97.23	98.60
6	96.77	94.78	96.60	95.96	96.24
9	95.39	93.29	95.15	94.50	94.33
12	93.51	92.10	93.61	93.42	92.69

Nota: se representa el porcentaje de pérdida de peso en cada día de evaluación para cada tratamiento. Tabla de autoría.

La tabla 44 muestra la pérdida de peso en los tratamientos que presentan y no presentan los recubrimientos comestibles, en el T1 (posee solo la base del recubrimiento comestible) se evidencia la mayor pérdida de peso (7.9%); mientras que en el T2 (1% del arilo liofilizado de tomate de árbol mora) se evidencia menor pérdida de peso a pasar los 12 días de evaluación con un porcentaje de 6.39%.

Tabla 45

Cálculo de valores de velocidad de deterioro en función del tiempo

		T0	T1	T2	T3	T4
C=Co-k(t); n=0	Co	99.893	99.701	99.225	99.4	100.15
	B=K	0.5229	-0.5131	-0.6412	-0.5298	-0.6294
	R	0.9954	0.9889	0.9575	0.9646	0.9949
C=Co*e^{kt}; n=1	Co	99.919	99.722	99.243	99.414	100.19
	B=K	-0.005	-0.005	-0.007	-0.005	-0.007
	R	0.9955	0.99	0.962	0.9677	0.9947

Nota: Cálculo de valores representados en la ecuación lineal (n=0) y exponencial (n=1), utilizando una temperatura constante (7 °C).

En la tabla 45 se observa que la ecuación que mejor se adapta a los valores descritos en la tabla 43, es la ecuación de orden 1, que pertenece a la ecuación exponencial $C=Co*e^{kt}$. Esta ecuación fue representada con un máximo de 94% de pérdida de peso, tal y como lo reporta Trejo et al. (2007), en la que se despeja el tiempo, en la que se representan la vida útil de la fresa tal como lo muestra la Tabla 45:

Tabla 46

Representación de la vida útil de la fresa en los diversos tratamientos

	T0	T1	T2	T3	T4
Vida útil (días)	12.21	11.82	7.75	11.20	9.11

Nota: Representación de la vida útil (días) de la fresa en los tratamientos evaluados a 7°C. Tabla de autoría.

Figura 15

Representación final de las fresas mínimamente procesadas.



Nota: La presencia de microorganismos se relaciona con los resultados de la tabla 46, donde es evidente el crecimiento microbiano en los tratamientos T2 y T4 al día 12 de evaluación

Al realizar los cálculos de vida útil, se evidencia que el T0 (Control) presenta un mayor tiempo de vida útil (12.21 días): mientras que el tratamiento que presentó el menor tiempo de vida útil fue el T2 (1% de liofilizado de arilo de tomate de árbol mora) con 7.75 días.

Análisis sensorial

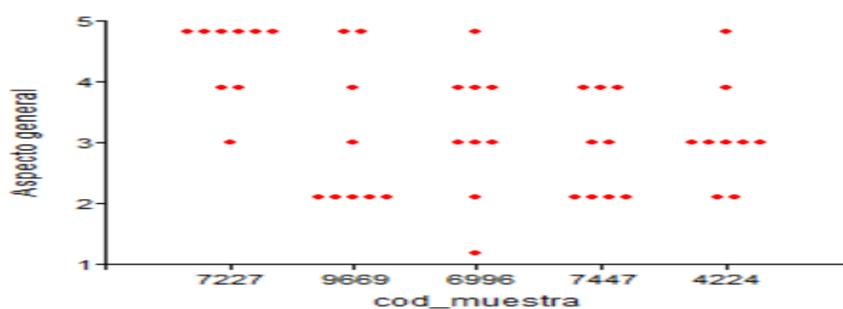
Para la realización del análisis sensorial se aplicó estadística básica (porcentajes y puntuaciones de cada tratamiento), las cuales se analizó el grado de aceptación de cada una de los parámetros sensoriales puestos en el cuestionario. A continuación, se representa en gráficos de puntos, los parámetros evaluados.

Aspecto general.

El 66.67% de los encuestados, se siente atraído a primera vista del T0 que tiene un código F7227, mientras que el 55.56% de los encuestados menciona que el T1 (F9669) presenta una apariencia general desagradable.

Figura 16

Representación del aspecto general de la fresa mediante gráfico de puntos

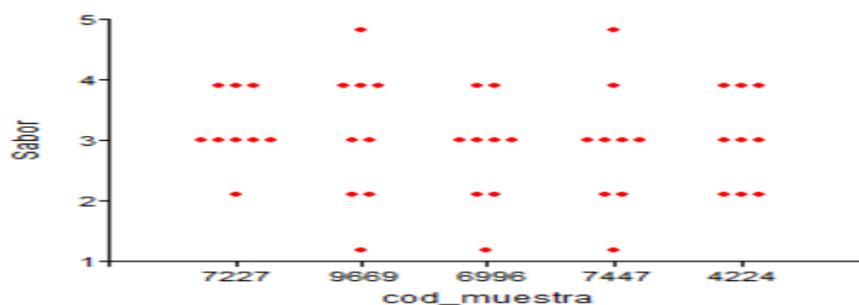


Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.

El 55.56% de los encuestados afirma que el T0 posee un sabor dulce, mientras que el 33.33% de las personas afirman que el T0 presenta un sabor ácido.

Figura 17

Representación del sabor de la fresa mediante gráfico de puntos

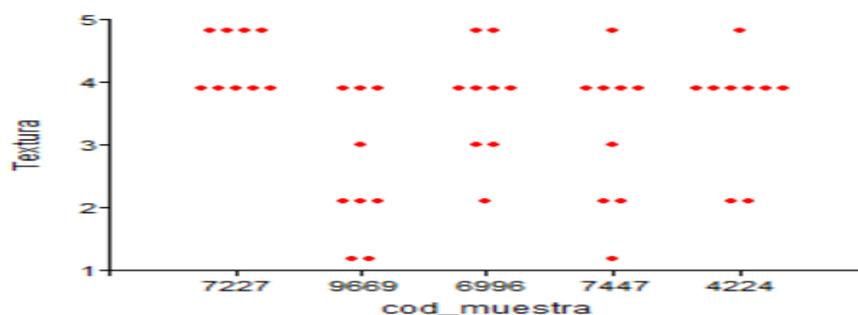


Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.

El 66.67% de los encuestados menciona que el T4 (F4224), presenta una textura suave al momento de degustar la fresa, mientras que el 44.44% de las personas afirman que el T0 posee una textura dura.

Figura 18

Representación de la textura de la fresa mediante gráfico de puntos

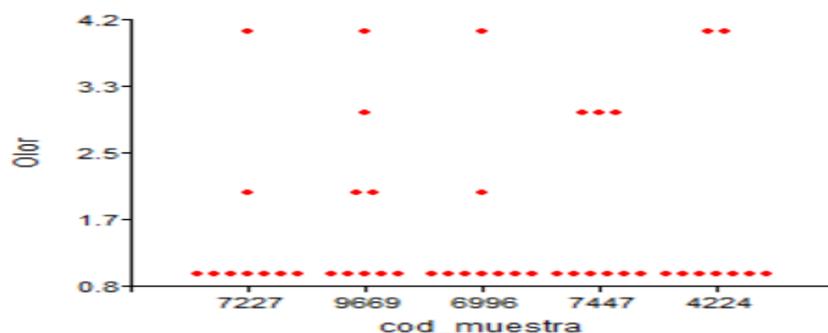


Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.

El 77.77% de los encuestados afirma que el olor predominante en los tratamientos T0, T2 y T4 es el fragante o floral, mientras que el 33.33% de los degustadores menciona que el T3 (F7447) posee un olor a descompuesto.

Figura 19

Representación del olor de la fresa mediante gráfico de puntos

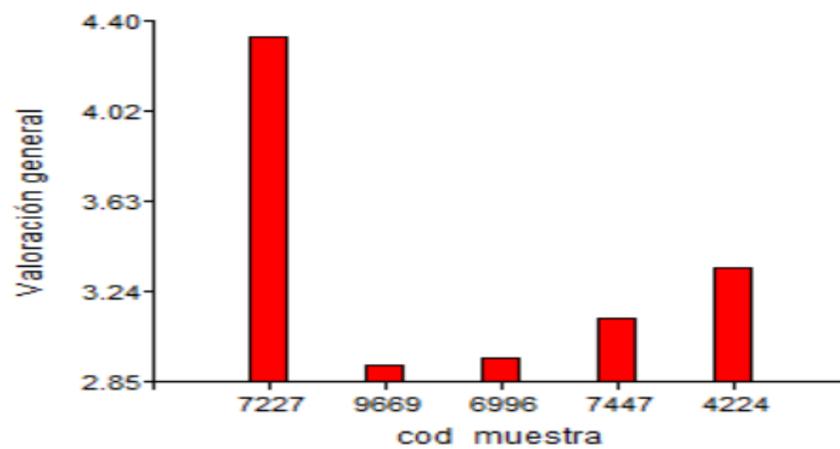


Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.

El lo que respecta a la valoración general de los tratamientos utilizados, que presenta el mejor puntaje a nivel general es el T0 (F7227), con una calificación de 4.33/5; le sigue el T4 (F4224) con 3.34/5. El que tuvo la peor calificación a nivel general fue el T1 (F9669) con 2.92/5.

Figura 20

Representación de la valoración general de la fresa mediante gráfico de barras



Nota: Cada línea roja representa la valoración media de cada tratamiento.

Discusión

Con respecto al método de extracción de arilo de semillas de tomate de árbol mora, este presentó una cantidad importante de vitamina C (9.09 mg/100g), aunque la pulpa de tomate mora presentada por Buono et al. (2018), contiene 28 mg/100g de Vitamina C, lo que da a entender que la mayor parte de Vitamina C se encuentra en el mesocarpio de la fruta. Por otro lado, en una investigación realizada por (Duchitanga, 2018), afirma que la cantidad de Vitamina C se encuentra en un valor 11.59 ± 0.26 mg, lo que el valor de ácido ascórbico en el arilo de tomate mora se encuentra por debajo de los valores mencionados.

Para García et al. (2016), el valor de acidez en las fresas previamente tratadas para mejorar la calidad del fruto fluctúa en una cantidad de ácido cítrico de 0.73-0.89 %, al realizar el cálculo de la acidez mediante la fórmula establecida se observa que esta se encuentra en rango de 1.7-2.45%, lo que es un valor muy alto para la variedad que estamos utilizando.

Trejo et al. (2007), evaluó un recubrimiento en fresas a 5 °C durante 10 días, donde la pérdida de peso se vio reflejada en el testigo (13%), mientras que los demás tratamientos registraron una pérdida máxima de 6% con relación al peso inicial; es notoria la pérdida de agua en el testigo. A su vez, al aplicar el arilo de tomate de árbol mora, la pérdida de peso de peso al día 12 a una temperatura de 7°C, presenta un mayor valor en el T4 (3% de liofilizado de tomate de árbol mora) que corresponde a 7.52%, mientras que el que menos peso perdió en el mismo día de evaluación fue el T3 con un valor de 6.57%, la pérdida de peso no fue tan notoria debido al estado de madurez de la fresa que se utilizó en estado 4.

El pH encontrado en las fresas del análisis experimental en los primeros días de análisis se encontró en un rango de 3.86-3.94, al pasar el tiempo a los 12 días presentó un pH de 3.22-3.34, en cambio García & Pinzón en (2016), evalúan sus fresas que tiene un recubrimiento comestible a base de plátano y los datos presentados en señalan que inician con un pH de 3.5 y a los 10 días, este baja hasta 3.3 en la mayoría de sus tratamientos, por lo que el pH de la

fresa se regula entre el día 10 y 12 de la aplicación del recubrimiento (sea este de plátano o de arilo de tomate de árbol mora).

También García & Pinzón en (2016), realizaron el análisis de color y firmeza en fresas hasta los 10 días, dando ΔE subió hasta alrededor de 20 puntos mientras que la firmeza empezó en 0.835 Kg/cm² y decayó hasta bajo del 0.450 kg/cm². En el presente estudio, la distancia de color ΔE en las fresas con el recubrimiento a base del liofilizado de tomate de árbol mora presentó un aumento de 49.11 en el testigo, dando a saber que el proceso de cambio de color fue acelerado. En la firmeza se encontró con frutillas en grado 4 de maduración, donde la parte evaluada se encontraba aún verde y presentó valores de 3.46 kg/cm² hasta llegar a valores inferiores a 2.1 kg/cm² a partir del día 12, cuando ya se observa presencia de microorganismos.

Medina en (2006), señala que, para establecer una correlación en fresas de exportación, se realizan análisis de % de acidez y se evalúan junto a pH, apariencia, color, olor y sabor. La correlación de % acidez vs. pH y Color (ΔE) vs % de acidez presentaron valores negativos de -0.742 y -0.383 respectivamente. Al analizar las correlaciones en el estudio realizado con los recubrimientos, se establece una correlación negativa para el % acidez vs. pH con un valor de -0.1889, pero, se presenta una correlación positiva en las variables Color (ΔE) vs % de acidez con 0.7409, esto representa que presentan una línea de tendencia alta y están íntimamente relacionadas.

La vida útil de las fresas es muy variada. Beltrán en (2010), señala que al aplicar rayos UVc en fresas por 7.5 minutos y luego almacenarla a 5 °C, presenta un incremento de vida útil que va de 8 a 10 días. A su vez, Falconí en (2016), señala que el tiempo de vida útil al utilizar recubrimientos comestibles de cera de abeja, gelatina y pectina, a 24 °C de secado del recubrimiento y 5 °C de almacenamiento, logran establecer 5 días de vida útil en las fresas. El estudio realizado con la utilización de arilo liofilizado de semillas de tomate de árbol mora se

presenta una vida útil que va desde 7.75 en el T2 días a 11.20 días en el T3, en la que se utilizó 47 °C para el secado por 40 minutos y 7 °C de almacenamiento, sin embargo, el tratamiento control presentó 12.21 días de vida útil, siendo el que presentó mayor duración.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Los compuestos antioxidantes y colorantes extraídos con la técnica de liofilización del arilo de tomate de árbol mora son: betacaroteno con 3.42 mg/100 g de liofilizado y Vitamina C con 50.4 mg/100 g de liofilizado. Teniendo el liofilizado a la mano, el mismo fue añadido en varios niveles de adición en los tratamientos T2 (1%), T3 (2%) y T4 (3%).
- Las características fisicoquímicas (pérdida de peso, Brix, dureza, pH, color y acidez titulable) se analizaron bajo condiciones de refrigeración a 7 °C. Para analizar el menor porcentaje de pérdida de peso, el T3 presentó el menor valor de pérdida al día 12 con un valor de 6.67%, en cambio para el porcentaje de azúcar contenida en la fruta el T0 presentó la mayor cantidad de azúcar con un 6.68% de su contenido, a su vez también presenta la mayor dureza y acidez al analizar los 12 días de ensayo, el mismo que se obtiene 2.1 kgf/cm² y 1.82% respectivamente. En lo que respecta a la variable pH, todos los tratamientos tuvieron un pH idóneo al analizar los 12 días de evaluaciones. El T4 presenta la menor diferencia de color a los 12 días con un valor de 21.97.
- El 66.67% de los evaluadores afirman que, el T4 presenta una textura suave al momento de degustar la fresa, el mismo presenta un olor fragante o floral. El T0 posee la mejor aceptación a nivel general (66.67%), en la que predomina un olor fragante o floral (77.77%) junto a un sabor dulce (55.56%) de gran agrado para los evaluadores sensoriales y en sí, fue el que obtuvo la mejor calificación (4.33/5), dando a conocer que fue el mejor tratamiento.
- El efecto sinérgico encontrado en el empleo de recubrimientos comestibles a base de liofilizado del extracto del arilo de semillas de tomate de árbol mora en fresas

mínimamente procesadas no fue el ideal visualmente, debido a que los tratamientos presentan microorganismos (bacterias, hongos y levaduras); a su vez, si analizamos los resultados del laboratorio, las fresas con liofilizado en su recubrimiento presentaron menor cantidad de UFC en su recuento en comparación a las fresas con recubrimiento sin ingrediente activo. Al realizar un análisis de correlación de Pearson, se estableció una correlación positiva en las variables Color (ΔE) vs ° Brix con un valor de 0.6224, % de acidez vs ° Brix con 0.6731, Color (ΔE) vs % de acidez con 0.7409 y Dureza vs pH con 0.7786, este último presenta la correlación más directamente.

- La vida útil de la fresa mínimamente procesada mejoró considerablemente a comparación de otros recubrimientos. Al utilizar recubrimientos a base del liofilizado del arilo de semillas de tomate de árbol mora al 1%, el tiempo de vida útil se prolongó hasta 11.20 días a una temperatura de 7 °C en el T3. Sin embargo, los T0 y T1 mejoraron el tiempo de vida útil en 1.01 y 0.62 días respectivamente, lo que la presencia del liofilizado reduce el tiempo de vida en comparación de los tratamientos que no poseen el liofilizado.

Recomendaciones

- Para próximas investigaciones es necesario manejar las temperaturas de mantenimiento de las frutas y verduras (de 3 a 6 °C), así se garantiza la vida útil del producto para su posterior consumo.
- Realizar un análisis bromatológico del arilo de tomate de árbol mora, en el cual se ponga a consideración el análisis de las características químicas y nutricionales, a su vez realizar un análisis microbiológico del liofilizado debido a que el mismo puede estar contaminado y puede ser foco de crecimiento microbiano.

- Realizar recubrimientos comestibles mediante la utilización de liofilizados vegetales que tengan en su composición ingredientes con propiedades antimicrobianas y antibacterianas.
- Elaborar ensayos previos con varios tipos de almidón (en especial de raíces y tubérculos), debido a que estos pueden diferir en la estructura y eficacia del recubrimiento al momento de ser aplicado en frutas y vegetales mínimamente procesados.

Bibliografía

- Almeida, A., Alvarado, J., & Arancibia, M. (2007). Tiempos De Vida Útil De Naranjillas Recubiertas con Quitosano Almacenadas a Temperaturas Constante y Variables. *CIBIA VI*.
- Álvarez, R. (2012). "Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad postcosecha. *Universidad de Antioquia Facultad de química Farmacéutica*.
- Arce Carriel, M. (2009). Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. *Serie Zoológica*, 126-128.
- Badawy, M., & Rabea, E. (2011). A Biopolymer Chitosan and Its Derivatives as Promising Antimicrobial Agents against Plant Pathogens and Their Applications in Crop Protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 29.
- Beltrán, Á. (2010). ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE FRESAS (*Fragaria vesca*) MEDIANTE TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C. *Universidad Técnica de Ambato*, 143.
- Brito, B., Spin, S., Villacrés, E., Vaillant, F., Torres, N., & Sanaicela, D. (2008). *Tomate de Árbol. Características físicas y nutricionales de las frutas importantes en la investigación y desarrollo de pulpas y chips*. Quito: INIAP.
- Buono, S., Aguirre, C., Guadalupe, A., Perondi, H., & Ansonnaud, G. (2018). TOMATE ÁRBOL *Solanun betaceum*. *PROCISUR IICA*, 1-18. Obtenido de https://www.procisur.org.uy/adjuntos/01e8c39fb854_e-arbol-PROCISUR.pdf
- Cappola, M. (2006). Freeze-Drying Concepts: The Basics. *Protein Formulation and Delivery*, 159-199.

- Duchitanga, P. (2018). *Análisis de la capacidad antioxidante de algunas frutas y verduras sometidas a congelación y liofilización*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- EFSA. (2010). *Las fresas: propiedades y beneficios*. Obtenido de <https://libbys.es/blog/habitos-saludables/mayo-el-mes-de-las-fresas/8449>
- Falconí, J. F. (2016). EMPLEO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA CONSERVACIÓN DE *Fragaria x ananassa* (FRESA). *Escuela Politécnica de Chimborazo*, 111.
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol.24 no.3.
- García, F., Saucedo, C., Saucedo, D., & Chávez, S. (2017). *Calidad de frutos de dos variedades de fresa mexicana y una introducida frigoconservados en alto CO₂**. Montecillo: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- García, O., & Pinzón, M. (2016). EFECTO DE RECUBRIMIENTOS DE ALMIDÓN DE PLÁTANO GUAYABO (*Musa paradisiaca* L.) EN LA CALIDAD DE FRESAS. *Revista Alimentos Hoy*, 92-102.
- Google Earth. (2022). *Google Earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@-0.12711698,-78.31589432,2542.04011569a,3551.37560955d,35y,6.15620326h,4.78894038t,0r>
- Medina, A. (2006). Influencia del mantenimiento de la cadena de frío controlada en la vida útil, calidad microbiológica, físico química y organoléptica en fresas tipo exportación. *Influencia del mantenimiento de la cadena de frío controlada en la vida útil, calidad microbiológica, físico química y organoléptica en fresas tipo exportación*, 114.

Orrego, C. (2008). CONGELACIÓN Y LIOFILIZACIÓN DE ALIMENTOS. *RESEARCHGATE*, 1-169.

Pazmiño, J. (2019). *Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (Fragaria ananassa Weston)*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Ramírez, J. (2006). *Universidad del Valle*.

Salazar-Lugo, R., Barahona, A., Ortiz, K., Chtivez, C., Freire, P., Méndez, J., . . . Oleas, M. (2016). Effect of consumption of tree tomato juice (*Cyphomandra betacea*) on lipid profile and glucose concentrations in adults with hyperlipidemia, Ecuador. *Arch Latinoam Nutr*, 121-128.

Sun, J., Gao, H., & Shen, Y. (2017). Effects of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Quality and Antioxidant Enzyme System of Strawberry during Cold Storage. (C. Zhang, Ed.) *Hindawi*. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/ijps/2017/9746174/>

Trejo, M. A., 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. *Researchgate*, 230-239.

Enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1UOMI0VIjpbUtHEVEdy8HI4Rd9L7ZoVuF>