



Desarrollo, caracterización y evaluación de una película comestible con base a almidón de yuca (*Manihot esculenta*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente

Galván Acaro, Dayana Katherine

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

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

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr.

14 de febrero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Desarrollo, caracterización y evaluación de una película comestible con base a almidón de yuca (*Manihot esculenta*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, fue realizado por la señorita: **Galván Acaro, Dayana Katherine**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta 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, 14 de febrero del 2023



Firmado electrónicamente por:
GABRIEL ALEJANDRO
LARREA CEDENO

Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeño. Mgtr.

C. C 1709635039

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

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión Tesis

NOMBRE DEL ALUMNO

DAYANA GALVAN

NOMBRE DEL ARCHIVO

DAYANA GALVAN - Tesis

SE HA CREADO EL INFORME

14 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	7	0,9 %
Fragmentos citados o entrecomillados	1	0,1 %

Coincidencias de la Web

inta.gob.ar	3	0,4 %
iniap.gob.ec	1	0,1 %
passeidireto.com	1	0,1 %
unad.edu.co	1	0,1 %
cigb.edu.cu	1	0,1 %
scielo.sa.cr	1	0,1 %



Firmado electrónicamente por:
GABRIEL ALEJANDRO
LARREA CEDENO

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Msc.

C. C. 1709635039



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Galván Acaro, Dayana Katherine**, con cédula de ciudadanía No. 1726819582, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Desarrollo, caracterización y evaluación de una película comestible con base a almidón de yuca (*Manihot esculenta*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de febrero del 2023

.....
Galván Acaro, Dayana Katherine

C.C.: 1726819582



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Galván Acaro, Dayana Katherine**, con cédula de ciudadanía No. 1726819582 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Desarrollo, caracterización y evaluación de una película comestible con base a almidón de yuca (*Manihot esculenta*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de febrero del 2023

.....
Galván Acaro, Dayana Katherine

C.C.: 1726819582

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Víctor Galván y Mariana Acaro quienes me han enseñado que cualquiera que sea nuestro propósito en la vida se debe entregar todo de sí, con amor, honestidad y trabajo duro, este trabajo lo comparto con ustedes.

A mis hermanos por estar presentes cuando más los necesito, por su comprensión y apoyo durante mis estudios.

A mis amigos y conocidos con los cuales compartí grandes momentos dentro de la universidad.

Agradecimientos

A Dios por permitirme alcanzar un nuevo objetivo en mi vida junto a las personas que amo, mi familia. A mi familia por su respaldo y confianza, durante mi periodo como estudiante en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

Al Ing. Gabriel Larrea Mgtr. mi tutor de tesis, por sus conocimientos, paciencia y comprensión fundamentales para culminar este trabajo. Al Ing. Pablo Landázuri, por su apoyo y empuje durante mi vida estudiantil en la universidad.

A mis compañeros por sus ánimos en el transcurso de mi vida estudiantil, a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" y la Carrera de Agropecuaria IASA 1 por permitirme formar parte de su excelente institución, conformada por profesores de calidad humana y profesional, quienes han sabido guiar mis pasos, con sus conocimientos. A la vez, agradecer al personal de los laboratorios de: biotecnología y de aguas, suelos y foliares del IASA 1 por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para la 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.....	12
Índice de figuras.....	15
Resumen	17
Abstract.....	18
CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
Antecedentes	19
Justificación.....	20
Objetivos	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos	22
Hipótesis	22
CAPÍTULO II	23
REVISIÓN DE LITERATURA	23
Generalidades de la yuca	23
Producción.....	23
Taxonomía y morfología	23

Variedades de yuca	24
Almidón	25
Almidón de yuca	25
Almidones modificados	26
Toronja	27
Morfología del fruto	27
Tomate Cherry	28
Fisiología postcosecha del tomate	28
Condiciones de almacenamiento	28
Películas comestibles	29
Composición de las películas comestibles	29
Características de las películas comestibles	30
Aplicaciones de películas y recubrimiento comestible	30
CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA	32
Ubicación del área de investigación	32
Extracción y modificación del almidón de yuca.....	32
Obtención del albedo cítrico	33
Preparación de las películas.....	33
Establecimiento del ensayo	34
Caracterización de las películas	35
Espesor (mm)	35
Contenido de humedad (%)	35
Solubilidad en agua (%)	36
Elasticidad (%).....	36
Biodegradación de películas	36

Variación de peso de las películas en el tiempo.....	37
Efecto de la cubierta sobre las propiedades de los tomates	37
Contenido de sólidos solubles °Brix	37
Acidez titulable.....	37
Pérdida de peso.....	38
Vida útil.....	39
Evaluación sensorial.....	40
Firmeza.....	40
Daños visibles.....	41
Apariencia.....	41
Color	42
Diseño experimental.....	42
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
Resultados	45
Obtención y modificación de almidón de yuca	45
Caracterización de las películas.....	46
Efecto de la cubierta sobre las propiedades de los tomates.....	55
Evaluación sensorial	63
Discusión.....	71
Obtención de almidón	71
Caracterización de las películas.....	71
Efecto de la cubierta sobre las propiedades de los tomates.....	74
Evaluación sensorial	76
CAPÍTULO V	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78

Conclusiones.....	78
Recomendaciones.....	79
Bibliografía.....	80

Índice de tablas

Tabla 1 Variedades de yuca	24
Tabla 2 Composición proximal de almidón nativo de yuca.....	25
Tabla 3 Tiempo máximo de almacenamiento de tomate, según la temperatura y grado de madurez	29
Tabla 4 Aplicación de películas comestibles en conservación de carnes.....	31
Tabla 5 Porcentajes de los ingredientes a utilizar	34
Tabla 6 Escala de Kader y Morris para determinación de firmeza	40
Tabla 7 Escala de daños visibles para tomate	41
Tabla 8 Escala evaluación de apariencia.....	41
Tabla 9 Escala de color para tomate de USDA.....	42
Tabla 10 Factor y niveles empleados en el ensayo	43
Tabla 11 Tratamientos realizados en el ensayo.....	43
Tabla 12 Intervalos de confiabilidad del espesor de las películas	46
Tabla 13 ANAVA del espesor según la película evaluada	47
Tabla 14 Promedio \pm desviación estándar del espesor en las películas evaluadas	47
Tabla 15 Intervalos de confiabilidad del porcentaje de humedad en las películas evaluadas....	48
Tabla 16 ANAVA de porcentaje de humedad según la película evaluada.....	49
Tabla 17 Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de humedad en las películas evaluadas.....	49
Tabla 18 Intervalos de confiabilidad del porcentaje de solubilidad en las películas evaluadas..	50
Tabla 19 ANAVA del porcentaje de solubilidad según la película evaluada	51
Tabla 20 Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de solubilidad en las películas evaluadas.....	51
Tabla 21 Intervalos de confiabilidad del porcentaje de elasticidad en las películas evaluadas..	52
Tabla 22 ANAVA del porcentaje de elasticidad según la película evaluada	53

Tabla 23 Promedio \pm desviación estándar de la elasticidad en las películas evaluadas.....	53
Tabla 24 Aspecto de la biodegradabilidad en las películas evaluadas.....	54
Tabla 25 Intervalos de confiabilidad del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta.....	56
Tabla 26 ANAVA del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates, según la película evaluada.....	56
Tabla 27 Promedio \pm desviación estándar del contenido de sólidos solubles °Brix en los tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta	57
Tabla 28 Intervalos de confiabilidad del porcentaje de ácido cítrico en tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta.....	58
Tabla 29 Análisis no paramétrico Kruskal Wallis de acidez titulable en tomate, según la película evaluada	58
Tabla 30 Promedio \pm desviación estándar %ácido cítrico en los tomates de acuerdo al tipo de cubierta empleada	59
Tabla 31 Intervalos de confiabilidad del porcentaje de pérdida de peso en tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta.....	61
Tabla 32 ANAVA del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates, según la película evaluada.....	61
Tabla 33 Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de pérdida de peso en los tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta	62
Tabla 34 Tiempo de vida útil (días) del tomate según la cubierta empleada, aplicando la fórmula de Labuza.....	63
Tabla 35 Frecuencias absolutas, del tipo de firmeza en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	63
Tabla 36 Análisis de contingencia frecuencia de tipo de firmeza vs tipo de cubierta.....	64

Tabla 37 Frecuencias relativas por filas, del tipo de firmeza en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	64
Tabla 38 Frecuencias absolutas, del tipo de daño visible en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	65
Tabla 39 Análisis de contingencia frecuencia de tipo de daño visible vs tipo de cubierta.....	66
Tabla 40 Frecuencias relativas por filas, del tipo de daño visible en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	66
Tabla 41 Frecuencias absolutas, del tipo de apariencia en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	67
Tabla 42 Análisis de contingencia frecuencia de tipo de apariencia vs tipo de cubierta	67
Tabla 43 Frecuencias relativas por filas, del tipo de apariencia en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	68
Tabla 44 Frecuencias absolutas, del color en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	69
Tabla 45 Análisis de contingencia frecuencia del color vs tipo de cubierta	69
Tabla 46 Frecuencias relativas por filas, del color en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	70

Índice de figuras

Figura 1 Partes de la raíz de yuca.....	24
Figura 2 Morfología del fruto de toronja.....	27
Figura 3 Vista satelital de la Hacienda El Prado, IASA 1	32
Figura 4 Vista satelital de la Empresa Agrícola Juval	35
Figura 5 Croquis del experimento.....	44
Figura 6 Extracción y modificación del almidón de yuca.....	45
Figura 7 Box Plot de espesor en las películas evaluadas	46
Figura 8 Box Plot del porcentaje de humedad en las películas evaluadas.....	48
Figura 9 Box Plot del porcentaje de solubilidad en las películas evaluadas.....	50
Figura 10 Box Plot del porcentaje de elasticidad en las películas evaluadas.....	52
Figura 11 Peso de las películas evaluadas en el tiempo, en condiciones de laboratorio	55
Figura 12 Gráfico de puntos del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta	55
Figura 13 Gráfico de puntos de la acidez titulable en tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta	57
Figura 14 Gráfico de puntos del porcentaje de pérdida de peso del tomate luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta	59
Figura 15 Porcentaje de pérdida de peso promedio cada dos días en tomates, empleando diferentes tipos de cubierta.....	60
Figura 16 Linealización de Ln del porcentaje pérdida de peso para obtención de vida útil en tomate	62
Figura 17 Frecuencias relativas por fila del tipo de firmeza en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	65
Figura 18 Frecuencias relativas por fila del tipo de apariencia en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....	68

Figura 19 Frecuencias relativas por fila del tipo de color en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.....70

Resumen

Se realizó la caracterización de películas comestibles elaboradas a base de almidón de yuca modificado, con tres proporciones de albedo cítrico, también, se evaluó su funcionalidad sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a temperatura ambiente comparándolo con el papel film. Previo a elaborar las películas se obtuvo albedo cítrico de toronja, se extrajo y modificó almidón de yuca mediante liofilización. Los ingredientes empleados en la formulación fueron: agua, almidón, goma xantana, glicerina y albedo, este último en porcentajes de 0, 0.5 y 1%, siendo F1, F2 y F3 respectivamente. Para la caracterización se determinó el espesor, los porcentajes de humedad, solubilidad y elasticidad, la biodegradabilidad y la variación del peso en el tiempo. Donde, F1 tuvo menor espesor y mayor elasticidad, F3 menor contenido de humedad y mayor solubilidad; en el análisis de variación de peso en el tiempo las películas evaluadas, no tienen un comportamiento lineal, exponencial o logarítmico, por tanto, dependen de las condiciones ambientales diarias; en el análisis de biodegradabilidad las películas F2 y F3 desde los 3 días mostraron cambios evidentes. Para evaluar su funcionalidad como cubierta en tomates Cherry almacenados durante 12 días, se consideraron los siguientes tratamientos: T1: tomates con cubierta de papel film; T2: tomates con cubierta de película F1; T3: tomates con cubierta de película F2 y T4: tomates con cubierta de película F3. Durante el ensayo se registró la pérdida de peso cada dos días, para obtener el tiempo de vida útil y al finalizar, se evaluó el contenido de sólidos solubles °Brix y acidez titulable, a la vez, manera sensorial se valoró la firmeza, daños visibles, apariencia y color. Al emplear papel film como cubierta (T1) la vida útil fue de 15 días, mientras, al emplear la película F3 como cubierta (T4) la vida útil fue de 14 días, siendo, la película F3 (con 1% de albedo) una buena opción como cubierta. En cuanto al análisis sensorial de los tratamientos evaluados, los tomates Cherry no presentaron daños visibles y alcanzaron el color 6 según la escala USDA.

Palabras clave: película comestible, almidón modificado, albedo cítrico.

Abstract

The characterization of edible films made from modified cassava starch was carried out, with three proportions of citric albedo, also, its functionality was evaluated on the shelf life of Cherry tomato stored for 12 days at room temperature, comparing it with the paper film. Prior to making the films, grapefruit citric albedo was obtained, and cassava starch was extracted and modified by freeze-drying. The ingredients used in the formulation were: water, starch, xanthan gum, glycerin and albedo, the latter in percentages of 0, 0.5 and 1%, being F1, F2 and F3 respectively. For the characterization, the thickness, the percentages of humidity, solubility and elasticity, the biodegradability and the variation of the weight in time were determined. Where, F1 had less thickness and greater elasticity, F3 lower moisture content and greater solubility; in the analysis of weight variation over time, the evaluated films do not have a linear, exponential or logarithmic behavior, therefore, they depend on daily environmental conditions; in the biodegradability analysis, films F2 and F3 from 3 days showed evident changes. To evaluate its functionality as a cover in Cherry tomatoes stored for 12 days, the following treatments were considered: T1: tomatoes covered with plastic wrap; T2: tomatoes with F1 film cover; T3: tomatoes covered with F2 film and T4: tomatoes covered with F3 film. During the test, the weight loss was recorded every two days, to obtain the useful life time and at the end, the content of soluble solids °Brix and titratable acidity were evaluated, at the same time, sensory way, firmness, visible damages were evaluated, appearance and color. When using film paper as a cover (T1) the useful life was 15 days, while when using the F3 film as a cover (T4) the useful life was 14 days, with the F3 film (with 1% albedo) being a good option as cover. Regarding the sensory analysis of the evaluated treatments, the Cherry tomatoes did not present visible damage and reached color 6 according to the USDA scale.

Keywords: edible film, modified starch, citric albedo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Las películas y recubrimientos comestibles son una o varias capas elaboradas con materiales que pueden ser ingeridos por el consumidor, pero, difieren en la técnica de aplicación, una película comestible se produce en un molde y luego es colocada sobre el producto, mientras, los recubrimientos se aplican directamente en el producto por rociado o inmersión, formándose durante el secado, McHugh & Senesi (2000). Aunque, esta tecnología parecería ser nueva, no lo es, ésta se ha empleado durante siglos para prevenir la pérdida de humedad y mantener la calidad de los alimentos, prolongando su vida de anaquel, Jooyandeh (2011).

Hay reportes de los siglos XII y XIII indicando que, en China para retardar la pérdida de agua en naranjas y limas, se realizaba su inmersión en cera, Park (2003), durante el siglo XV en Japón se usaba un recubrimiento a base de leche de piel de soja hervida para mejorar la calidad de los alimentos, en el siglo XIX en Inglaterra se empleaba películas a base de gelatina para preservar productos cárnicos, Pavlath & Orts (2009). Durante los años 1950 y 1980 se realizaron algunos estudios encaminados al uso de esta tecnología, para mejorar la calidad de alimentos frescos, procesados y congelados, reportadas en documentos científicos y patentes, Bósquez (2003).

A partir de su empleo, se han investigado varios biopolímeros para elaborar películas y recubrimientos de calidad, siendo, los hidrocoloides (polisacáridos y proteínas) el grupo más común, los cuales se pueden obtener de plantas, animales o microorganismos. Entre los polisacáridos más empleados se encuentran los derivados de celulosa, almidones, alginatos, pecinas, quitosanos, pululano y carragenanos, mientras, entre las proteínas más populares se encuentran las proteínas de soja, gluten de trigo, proteínas de girasol, gelatina, suero y

caseínas, Bósquez (2003). Sin embargo, al ser materiales hidrófilos, para mejorar las propiedades de las películas se incorporan diferentes tipos de aceites y grasas como ceras, ácidos grasos libres, aceites vegetales, triglicéridos y monoglicéridos acetilados, Galus & Kadzińska (2015).

Al existir variedad de materiales para elaborar películas comestibles, las investigaciones son varias, a continuación, se mencionan algunos trabajos de acuerdo al material empleado. Utilizando harinas se encontraron estudios a base de: chíá; Dick *et al.*, (2016), amaranto; Tapia *et al.*, (2005), berenjena; Nouraddini *et al.*, (2018), lenteja; Aydogdu *et al.*, (2018) y cáscaras de frutas y verduras de: papa; Andrade *et al.*, (2016), plátano; Anchundia *et al.*, (2016); Meneses *et al.*, (2017), mango Torres *et al.*, (2018), toronja; Wu *et al.*, (2019), albedo; Mariniello *et al.*, (2010). Empleando almidones como: camote; García *et al.*, (2022), quinua; Araujo *et al.*, (2010), fréjol, Mata *et al.*, (2016), sago; Lintang *et al.*, (2021), ñame; Durango *et al.*, (2006), achira; Andrade *et al.*, (2012). Entre otros materiales como el uso de proteínas miofibrilares de pescado; Shiku *et al.*, (2003), suero de leche; Contreras (2021), incorporando aceites esenciales Martínez *et al.*, (2011), gel de aloe vera; Ibargüen *et al.*, (2015).

El almidón de yuca también es un material utilizado para elaborar películas comestibles, varias investigaciones lo han utilizado junto con otros materiales, por mencionar algunas de estas, Saavedra & Algecira (2010) lo emplea junto con proteína aislada de soya, Bersaneti *et al.*, (2016) con fructooligosacáridos producidos por *Bacillus subtilis*, Reales *et al.*, (2016) con gel de aloe vera, Andrade *et al.*, (2020) junto con suero de leche y Sondari *et al.*, (2021) con quitosano.

Justificación

Según datos del Banco Mundial en el año 1950 la población mundial alcanzaba los 3,03 millones de habitantes, pero, este crecimiento ha ido en aumento, alcanzando los 7,84 millones de habitantes en el 2021, con ello la necesidad de alimentar a toda la población. Para alcanzar

este propósito, se debe mejorar la eficiencia en la cadena de suministros, ya que, se estima que las pérdidas de alimento alcanzan alrededor de un tercio del total (1,6 millones toneladas/año) destinado a consumo humano, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO], 2012).

Como estrategia para evitar la pérdida de alimentos, se emplean métodos de conservación, enfocadas en el empaque, utilizándose varios materiales entre ellos: plástico, cartón, metal y vidrio, no obstante, con su uso se generan grandes cantidades de residuos sólidos de origen urbano incrementando la contaminación ambiental, pues, en la actualidad solo el 10% de los residuos es reciclado, Díaz & Castro (2021). Para reducir la contaminación del embalaje tradicional, se ha optado por nuevas tecnologías con el uso de polímeros biodegradables, con el concepto de empaques activos, donde, el producto, empaque y medio ambiente interactúan para la conservación de los alimentos, Morales & Moreno (2022). Entre estos materiales se encuentra el almidón que, debido a su fácil obtención, bajo costo y sus propiedades es empleado en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles Caamal *et al.*, (2011).

Por estas razones, en el presente trabajo se caracterizará películas comestibles a base de almidón de yuca modificado con tres niveles de albedo cítrico, evaluándose las características de espesor, solubilidad, elasticidad, humedad y biodegradabilidad, a su vez, la capacidad en la conservación de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. Sweet Heaven) como producto perecible.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar, caracterizar y evaluar una película comestible con base de almidón de yuca *Manihot esculenta* sobre las características de calidad de tomates almacenados.

Objetivos específicos

Obtener y adecuar el almidón de yuca para la formulación de una película comestible con diferentes niveles de albedo cítrico deshidratado.

Caracterizar las películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.

Evaluar el efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate, frente a film plástico para alimentos almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.

Hipótesis

Hipótesis nula

El uso de películas comestibles empleando almidón de yuca con tres niveles de albedo no prolonga la vida útil del tomate Cherry en forma estadísticamente significativa.

Hipótesis de investigación

El uso de películas comestibles empleando almidón de yuca con tres niveles de albedo prolonga la vida útil del tomate Cherry en forma estadísticamente significativa.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de la yuca

Producción

Es una planta arbustiva originaria de Mesoamérica, donde, poblaciones aborígenes la domesticaron hace 6000 años, Bolaños *et al.*, (2020). De acuerdo a Aguilar *et al.*, (2017) en América este cultivo se encuentra distribuido desde Estados Unidos hasta Argentina, pero representa el 20% de la producción mundial, el 50% se encuentra en África y el 30% restante en Asia; siendo la producción mundial alrededor de 203 millones de toneladas en producto fresco, Suárez & Mederos (2011).

En Ecuador según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) junto el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el 2021, fueron cosechadas 17.475 ha de yuca con un rendimiento de 5,51 t/ha, ocupando el puesto número 16 entre los principales cultivos en el país, (Sistema de Información Pública Agropecuaria, [SIPA], 2023). A la vez, el cultivo de yuca tiene algunas ventajas tanto para el medio ambiente como para el productor, dado por su resistencia a enfermedades y plagas, disponibilidad durante todo el año, rendimiento asegurado y posibilidad de conservar el suelo, Inga & López (2001).

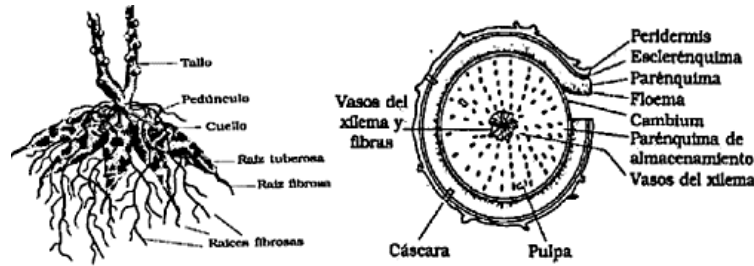
Taxonomía y morfología

La yuca pertenece a la familia *Euphorbiaceae* del género *Mannihot*, Suárez & Mederos (2011) presenta raíces fibrosas y tuberosas morfológicamente similares, hasta que, en cierta etapa las raíces tuberosas empiezan acumular almidón en el parénquima creciendo de forma radial, pero, su crecimiento longitudinal no es tan extenso como las raíces fibrosas las cuales se encargan de la absorción de nutrientes. En las raíces tuberosas se distinguen tres zonas: la cáscara, compuesta de peridermo y corteza, encargada de proteger la pulpa y evitar su deshidratación; la pulpa (parte comestible) compuesta de tejido secundario del xilema, donde

se encuentran los gránulos del almidón; y las fibras centrales, el tejido de células endurecidas del xilema, Bolaños *et al.*, (2020).

Figura 1

Partes de la raíz de yuca



Nota. Tomado de García (2021).

Variedades de yuca

Existe gran cantidad de variedades de yuca, las cuales muchas pueden ser propias de la zona o país. Por ello, tradicionalmente los genotipos se dividían por el color de sus raíces como se muestra a continuación en la Tabla 1, Hinostroza *et al.*, (2014).

Tabla 1

Variedades de yuca

Denominación	Característica
Negras	Poseen tallo y peridermis oscuras, pulpa blanca y su esclerenquima puede ser morado o blanco cremoso.
Blancas	Presenta mejores rendimientos, es preferente en el mercado. Tallo y peridermis de colores claros y pulpa blanca.
Amarillas	Tallos de colores claros u oscuros, pulpa amarilla, crema o blanco cremoso

Nota. Tomado de Hinostroza *et al.*, (2014).

Almidón

El almidón es un polímero compuesto por residuos de glucosa unidos mediante enlaces α -1,4 y enlaces ramificados α -1,6, para formar amilosa y amilopectina, Tupa (2019). La amilosa es excelente para elaborar películas comestibles, por sus propiedades isotrópicas, inodoras e insípidas, que, al añadir un plastificante poseen buenas propiedades mecánicas, Solano *et al.*, (2018). Al mismo tiempo posee otras funcionalidades, en la planta es la reserva de nutrientes y al ser humano proporciona energía a través del consumo de alimentos. Los gránulos de almidón se encuentran en el interior de las células junto con las grasas, proteínas y carbohidratos, los cuales son aislados por procesos de extracción y purificación, Cobana (2007).

Almidón de yuca

Para extraer almidón de yuca, se puede emplear la técnica por vía húmeda que consiste en el lavado y filtrado sucesivo de masa rallada de yuca, el reposo del líquido resultante (lechada) y el secado del producto blanco obtenido, Grace (1977); Aristizábal & Sánchez (2007) o la técnica por vía seca que consiste en el lavado, descascarillado, rallado, pre-deshidratado, pre-molido, deshidratado, molido y tamizado, Cobana (2007). El almidón de yuca al poseer una gran fuente de energía, es utilizado en la alimentación humana, como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2

Composición proximal de almidón nativo de yuca

Parámetro	Resultado
Proteína	2,31%
Grasa	0,05%
Fibra	0,0%
Carbohidratos	83,26%
Energía	3219,15 kcal/kg

Nota. Tomado de García *et al.*, (2021)

A su vez, es materia prima en varias industrias: la industria alimenticia lo utiliza como aglutinante, la industria textil para preparación de apresos, la industria química en fármacos, la industria del papel como aditivo y la industria de adhesivos en cartonería, (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, [MAGyP], 2015). En la industria alimentaria la aplicación de almidón en estado natural es limitado, debido a, características como: baja resistencia a esfuerzos de corte, alta retrogradación, descomposición térmica y sinéresis, Sandoval *et al.*, (2007), por eso, se utilizan técnicas para modificarlo.

Almidones modificados

Como lo indica Rogols (1986), como se citó en Pérez & Pacheco, (2005) “la modificación de almidones nativos involucra un cambio en la forma física, una degradación controlada y/o la introducción de un grupo químico”. Existen varios métodos para su modificación, pero, los más utilizados son los métodos físicos y los métodos químicos. Los primeros incluyen tratamientos de pregelatinización y tratamientos térmicos (sinéresis iterada, secado por rodillos, liofilización, extrusión; Martín & López (2009) y los métodos químicos, mediante hidrolización ácida, oxidación, dextrinización o entrecruzamiento, Colivet & Carvalho (2017).

Liofilización

Es un proceso de deshidratación mediante la sublimación del contenido de hielo de los alimentos, teniendo como fin de disminuir la pérdida de los componentes volátiles o termosensibles, siendo ideal para la conservación de productos farmacéuticos, biológicos y alimenticios, Ramírez (2006). Este proceso tiene tres etapas: la congelación, secado primario y secado secundario, en la congelación, el producto se expone a bajas temperaturas hasta que el producto posea una estructura sólida, sin presentar rastros de líquido concentrado. En el secado primario o sublimación, al producto congelado se calienta en condiciones de vacío para retirar el agua, sin llegar a fundirse, mientras, en el secado secundario o desorción, el

lío-filizador al vacío, pero, se eleva la temperatura hasta un valor próximo al ambiente eliminado el agua residual del producto, Siccha & Lock (1995).

Toronja

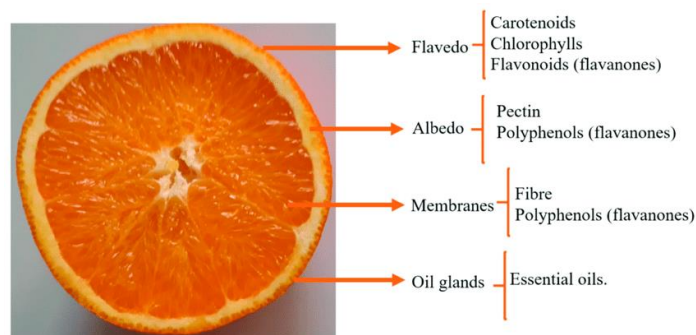
Los cítricos son las principales fuentes de antioxidantes naturales debido a su alto contenido de polifenoles, flavonoides y terpenos. Dentro de este gran grupo se encuentra la Toronja (*Citrus paradisi*) el cual es un árbol de la familia de las rutáceas, pero a pesar de ser un híbrido de la pampelmusa (*Citrus máxima*) y la naranja dulce (*Citrus x sinensis*) es producido en varios países del mundo debido a su exótico sabor, De la Rosa *et al.*, (2016).

Morfología del fruto

El fruto de los cítricos posee dos zonas bien diferenciadas, la parte carnosa o endocarpo, la parte comestible de la fruta y el pericarpo o corteza. En la corteza se diferencia el exocarpo o flavedo, parte coloreada de la fruta, donde, se encuentran las glándulas de aceites esenciales; el endocarpo, la parte más interna, que constituye una parte de la membrana locular y el mesocarpo o albedo, la parte intermedia entre las dos capas, la cual es de coloración blanca a excepción de ciertas variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.), Ancillo & Medina (2014), se diferencia por ser una capa esponjosa, debido a los grandes espacios presentes entre las células parenquimáticas débilmente empaquetadas, Tadeo *et al.*, (2003).

Figura 2

Morfología del fruto de toronja



Nota. Tomado de Nieto *et al.*, (2021)

Tomate Cherry

El “tomate Cherry” *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiformes* perteneciente a la familia Solanaceae, es endémico de Sudamérica probablemente el ancestro del tomate moderno, Saavedra (s.f.). Se denomina Cherry, al tomate semejante a una cereza, por su tamaño, color y sabor, posee un diámetro entre 1 cm y 3 cm, pesa entre 10 y 15 g y es menos ácido que el tomate tradicional, (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, [INTA], 2017); siendo demandado en el arte culinario por estas características y por su riqueza en vitaminas A y C, potasio y carotenoides como el licopeno, que es actúa como antioxidante, Saavedra (s.f.).

Fisiología postcosecha del tomate

En postcosecha los productos hortofrutícolas experimentan una serie de cambios, el tomate al incrementar del ritmo respiratorio y la síntesis de etileno durante la maduración organoléptica, son frutos climatéricos, Navarro (2012). Estos frutos se caracterizan por continuar el proceso de maduración luego de haberse separado de la planta, cuando éstas alcanzaron su madurez fisiológica, en el tomate se considera que ha llegado a su madurez fisiológica cuando presentan un color “verde-hechas”, pero, ciertos mercados prefieren frutas con mejor calidad en sabor, color y aroma, por lo que se deben cosechar tomates entre “Breakers (2) y “Pink (4)”, según la escala USDA, Fornaris (2021). En el proceso de maduración el fruto sufre varias modificaciones como: cambio de color por la degradación de la clorofila, pérdida de firmeza por degradación de protopectinas insolubles a pectinas solubles, pérdida de peso y modificación del sabor, Navarro (2012).

Condiciones de almacenamiento

El tiempo máximo de almacenamiento del tomate, va a depender de varios factores como lo detalla la (Norma Técnica Colombiana NTC 1103-3, [NTC], 1996), el cual variará según el grado de madurez y la temperatura, como se puede apreciar en la Tabla 3, en caso de

mantener los tomates a menores temperaturas de las mínimas recomendadas podrían sufrir daño por frío (*chilling injury*), siendo más susceptibles las “verdes-hechas”, Fornaris (2021).

Tabla 3

Tiempo máximo de almacenamiento de tomate, según la temperatura y grado de madurez

Grado de madurez	Temperatura	Tiempo (días) máximo
Verde	13-15	15-18
Coloración incipiente (1/4 pintón)	10-12	12-15
Coloración media (1/2 pintón)	9-10	9-12
Rojo	7-9	4-6

Nota. Tomado de NTC 1103-3 NTC (1996).

Películas comestibles

Una película o recubrimiento comestible es una capa con un espesor inferior a 0,3 mm elaborada a partir de biopolímeros y aditivos. Sin embargo, diversos autores consideran la existencia de una distinción entre una película comestible y un revestimiento, puesto que las técnicas de incorporación al producto son diferentes. El recubrimiento es formado sobre el alimento, mientras, una película comestible se elabora con antelación para luego adherirla al producto final, Díaz & Castro (2021).

Composición de las películas comestibles

Los materiales que conforman una película comestible pueden ser tanto de carácter hidrofóbico como hidrofílico; sin embargo, con el fin de mantener una digestibilidad los disolventes utilizados en su prefabricación se limitan al uso del agua o etanol. Las películas son elaboradas con polímeros como proteínas, polisacáridos, lípidos y resinas, derivadas de fuentes animales o vegetales, las cuales pueden ser usadas de manera individual o en combinaciones, Han (2014).

Los polisacáridos (almidón, carbohidratos sin almidón, gomas y fibras) y las proteínas son polímeros que en conjunto forman redes moleculares cohesionadas por altas interacciones

entre sus moléculas, otorgando propiedades mecánicas y de barrera de gases (O₂, CO₂); retardando la respiración y, por ende, el envejecimiento de los alimentos como frutas y hortalizas. Según Fernández *et al.*, (2015), los polisacáridos son hidrocoloides que al ser utilizados en las industrias de alimentos conforman la mayor parte de formulaciones en el mercado, sin embargo, presentan desventajas hidrónicas como la constitución de una pobre barrera a la pérdida de humedad.

Características de las películas comestibles

La película o recubrimiento comestible al ser un material de envoltura utilizado por la industria de alimentos requiere de varias exigencias funcionales que permitan controlar las posibles alteraciones en los alimentos al ser recubiertos. Según Díaz & Castro (2021), estas deben dar protección contra la luz ultravioleta, dar transporte de vapor de agua, solutos y gases entre los alimentos y la atmósfera, aumentar la vida útil de los alimentos, poseer componentes bioactivos, con efecto antimicrobiano y elaborados con materiales naturales biodegradables.

Aplicaciones de películas y recubrimiento comestible

Según Dhaka & Upadhyay (2018), dentro de las aplicaciones de las películas comestibles se encuentra la conservación de frutas, verduras, carnes, aves, cereales, confitería, etc. A continuación, se detallan algunas de estas aplicaciones:

Conservación de frutas y verduras: Estos productos son considerados perecederos en el tiempo debido a su alta tasa de respiración y humedad libre. Siendo las películas comestibles un revestimiento para la superficie de frutas y verduras, lo cual ocasiona un retardo en su deterioro. Sus aplicaciones son: controlar la transferencia de masa en frutas y vegetales, reducir las reacciones oxidativas en frutas y verduras frescas procesadas, mejorar el brillo en la superficie de los alimentos y mejorar sus propiedades de textura.

Carne, pescado y aves: Para la conservación de productos cárnicos sus aplicaciones se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Aplicación de películas comestibles en conservación de carnes

Recubrimiento	Aplicación en Carne
Almidón	Carne de cerdo
Quitano	Carne de pescado, cerdo, res y aves
Colágeno	Carne de cerdo
Gelatina	Carne de pescado, cerdo y res
Carragenina	Carne de pescado, cerdo y res

Nota. Tomado de Dhaka & Upadhyay (2018).

CAPÍTULO III

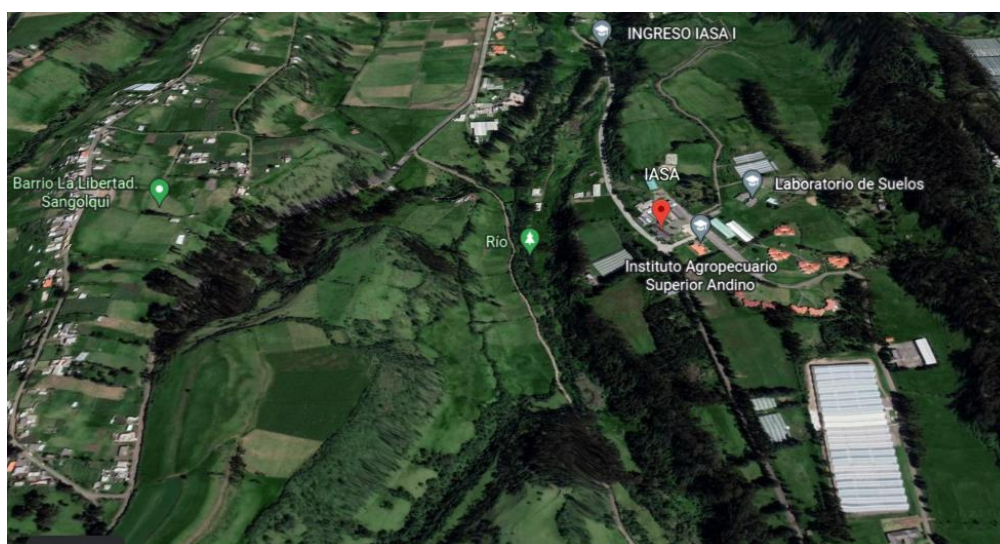
METODOLOGÍA

Ubicación del área de investigación

El estudio fue realizado en el campus de la Carrera Agropecuaria IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” en la Hacienda El Prado, la cual se encuentra ubicada en la parroquia San Fernando del cantón Rumiñahui provincia de Pichincha. Geográficamente se localiza a 78° 24' 44" LO, 0° 23' 20" LS y 2748 m.s.n.m., según Arce (2009) la temperatura media anual es de 13,96°C y la humedad relativa media anual de 67,91%. La fase del ensayo se realizó en el laboratorio de Postcosecha, que posee una media de 15°C.

Figura 3

Vista satelital de la Hacienda El Prado, IASA 1



Nota. Representación gráfica del IASA 1, tomado de Google Earth.

Extracción y modificación del almidón de yuca

La yuca (*Manihot esculenta*) de variedad blanca se obtuvo del mercado local en Sangolquí, Quito; seleccionando yuca de calidad. Se realizó su despunte, pelado, lavado y

picado en trozos, pesando el producto para realizar el cálculo de rendimiento. Los trozos se trituraron en una licuadora industrial con agua hervida fría en una relación 1:3 (yuca: agua), la mezcla fue filtrada y el líquido resultante (lechada) fue colocado en recipientes para sedimentarse por 3 horas. Luego de ese tiempo, se retiró el agua, y el almidón en el fondo del recipiente se colocó en bandejas para su secado, durante 24 horas a temperatura de 30°C; por último, el almidón seco fue triturado para eliminar los gránulos grandes.

Para modificar el almidón, en una funda ziploc se colocó almidón junto con agua destilada en relación 1:4 (almidón: agua), éstas se congelaron durante 48 horas a -15°C. Luego, se trituró el contenido de las bolsas y se esparció en la bandeja del liofilizador, donde permaneció a -40°C, a presión de vacío de 350 mbar durante 24 h, hasta que la temperatura de las niquelinas sea igual a la temperatura del producto.

Obtención del albedo cítrico

Se obtuvieron toronjas del mercado local de Sangolquí, las frutas fueron lavadas, peladas y se retiró el albedo; el albedo se picó en finos trozos y se colocó en bandejas para su secado, durante 48 horas a 30°C. Con el albedo seco se trituró en una licuadora y el producto resultante fue tamizado, repitiendo este proceso hasta obtener albedo en forma de harina.

Preparación de las películas

Se pesaron los materiales, de acuerdo a las proporciones de la Tabla 5, se disuelve la goma xantana con la mitad del agua y se hidrató el almidón con el agua restante, durante 5 min. Se colocó el almidón a baño María, cuando gelatinizó se mantuvo en agitación durante 5 min para agregar la goma xantana, transcurridos 3 min se vertió la glicerina mezclando durante 10 min, luego, se añadió el albedo junto con 20 ml de agua adicionales y se mantuvo en calor durante 2 min.

Tabla 5*Porcentajes de los ingredientes a utilizar*

Ingrediente	F1*		F2*		F3*	
Agua	83,5%	70,96 g	83%	70,55 g	82,5%	70,13 g
Almidón	6%	5,1 g	6%	5,1 g	6%	5,1 g
Goma Xantana	0,5%	0,43 g	0,5%	0,43 g	0,5%	0,43 g
Glicerina	10%	8,5 g	10%	8,5 g	10%	8,5 g
Albedo	0%	0 g	0,5%	0,43 g	1%	0,85 g
Total (%)	100	85 g	100	85 g	100	85 g

Nota. Autoría propia

*F: Formulación

La mezcla obtenida fue vertida en bandejas plásticas, en este estudio los 85 g de mezcla se dispensó en una bandeja de 18,5 x 14,5 cm, se llevó al secador a temperatura de 25°C ± 2°C durante 48 h. Las películas fueron retiradas de las bandejas de manera manual y cubiertas con papel encerado para su almacenamiento durante 24 horas, los análisis fueron realizados luego de este tiempo.

Establecimiento del ensayo

El ensayo se estableció en tarrinas plásticas para simular un empaque de comercialización del tomate Cherry, en cada tapa se realizó un recorte de 12,5 x 7,5 cm, donde, se situó la cubierta (papel film, película con: 0%, 0.5% y 1% de albedo). Los tomates Cherry empleados fueron de la variedad *Sweet Heaven* adquiridos en la empresa Agrícola Juval, de la parroquia Checa perteneciente al cantón Quito (Figura 4), éstos se encontraban en grado de maduración 4 según la escala USDA y con excelente calidad. Previo a colocar los tomates en las tarrinas, se aplicó el producto Kilol como desinfectante, luego, en cada tarrina se puso 10 tomates, realizando este proceso por triplicado para cada tipo de cubierta. Las tarrinas fueron ubicadas de manera completamente al azar en el laboratorio de postcosecha de la carrera, IASA 1.

Figura 4

Vista satelital de la Empresa Agrícola Juval



Nota. Representación gráfica de la Empresa Agrícola Juval, tomado de Google Earth

Caracterización de las películas

Espesor (mm)

Se tomó como base la técnica utilizada por Razavi *et al.*, (2014) con ciertas modificaciones, sobre la película cubierta con el papel encerado se recortan cuadrados de 1 cm x 1 cm, en 5 puntos aleatorios. A continuación, usando un micrómetro digital (H10578) con rango de precisión $\pm 0,1$ mm se midió el espesor, restando al valor obtenido el espesor del papel encerado, realizando este proceso por triplicado en películas independientes.

Contenido de humedad (%)

Para determinar el contenido de humedad se tomaron muestras de 2 x 2 cm en 5 puntos aleatorios de cada película ensayada, realizando este proceso por cuadruplicado. Cada muestra fue pesada siendo este el peso inicial M_0 , luego, se colocó en la estufa (10GC) a temperatura entre 85°C y 90°C durante 8 horas, hasta obtener un peso constante de cada una de ellas, siendo éste el peso M_1 . Con los datos obtenidos se utiliza la siguiente fórmula, Li *et al.*, (2014):

$$\%H = \frac{(M_0 - M_1)}{M_0} \times 100$$

Solubilidad en agua (%)

Se tomó como guía la metodología aplicada por Li *et al.*, (2014) con ciertas modificaciones; se emplearon las muestras utilizadas en el análisis de humedad, con las películas previamente secas a temperatura entre 85°C y 90°C durante 8 h y conociendo el peso M1. En un vaso de precipitación, se colocó una muestra junto con 40 ml de agua destilada y se llevó a baño María (1235PC) a 25°C por 24 horas, luego de ese tiempo, se realizó el filtrado usando tela poliéster. La parte insoluble fue llevada a la estufa a temperatura entre 85 y 90°C hasta que el peso fue constante siendo el peso M2, con los datos obtenidos se aplica la siguiente fórmula:

$$\%S = \frac{(M1 - M2)}{M1} \times 100$$

Elasticidad (%)

Para determinar esta característica se empleó un método subjetivo, al reverso de la bandeja donde se moldeó la película se trazaron rectángulos como lo especifican Saavedra & Algecira (2010) de 6 x 1,5 cm en cinco puntos aleatorios de la película, realizando este proceso por triplicado en cada película. Luego, se cortó la película sin despegar de la bandeja, colocando en la parte inferior una cinta métrica, ubicando el borde en un valor conocido (L_i) se tomó del borde y se levantó del molde dejando adherido el otro borde, se estiró la película de forma progresiva reportando el valor, donde, ésta se rompe (L_f). Para determinar el porcentaje de elasticidad se empleó la siguiente fórmula, Sánchez *et al.*, (2012):

$$\%E = \frac{(L_f - L_i)}{L_i} \times 100$$

Biodegradación de películas

La biodegradación fue determinada en un ensayo a los 3, 6 y 9 días, utilizando suelo de la zona, donde, en tarrinas plásticas se colocó 150 g de suelo, se enterró una muestra de

película de 2 x 2cm a 2 cm de profundidad, realizando este proceso por triplicado para cada una de las películas y para cada uno de los días, empleándose un total de 27 tarrinas, éstas se ubicaron a temperatura ambiental y cada dos días se aplicó 15 ml de agua en cada una. En el día de evaluación se retiraron las películas con el suelo adherida a estas, se llevó a la estufa a 50°C durante 24 horas como lo indica González *et al.*, (2016), luego, se limpió el exceso de tierra y se registró de manera fotográfica para apreciar los cambios.

Variación de peso de las películas en el tiempo

Para apreciar la variación de peso en las películas evaluadas en el tiempo, se cortó muestras de 2 x 2cm en tres puntos aleatorios de cada película, realizando este proceso por triplicado. Se colocaron las muestras en una bandeja plástica y se mantuvieron en la zona de laboratorio, registrando el peso de cada una de las muestras al día 0, día 4, Día 6, día 10 y día 12. Con los datos registrados se realizará su linealización y determinar si se ajusta a un modelo matemático con R^2 significativo.

Efecto de la cubierta sobre las propiedades de los tomates

Contenido de sólidos solubles °Brix

La medición de los sólidos solubles fue realizada al iniciar y finalizar el experimento, en la primera se tomó una muestra aleatoria de tomates, mientras, al finalizar se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos realizados. Se trituró en un mortero una muestra de 50 g de tomate, de la pulpa, se extrajo 0,5 g y se colocó en un refractómetro digital (Atago), obteniéndose los resultados en grados Brix.

Acidez titulable

La prueba de acidez titulable se realizó en dos tiempos: al iniciar y al finalizar el periodo del ensayo. Al iniciar, se tomó una muestra de tomate de manera aleatoria, pues, los tomates se encontraban en similar madurez fisiológica; en cambio, al finalizar se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos evaluados, realizando tres repeticiones de cada uno. Previo a

realizar esta prueba, se comprobó el buen funcionamiento del pH-metro (PH820) utilizando las soluciones con pH conocido, luego de cada muestra se tomaron 25 gr de tomate, el cual se licuó junto con 250 ml de agua destilada y se filtró en matraces Erlenmeyer.

Para la prueba de acidez titulable se adaptó el método dispuesto en la (Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 750, [NTE], 2013), de la dilución obtenida se colocó 25 ml en un vaso de precipitación, se midió su pH, se colocó 20 gotas de fenolftaleína y se añadió poco a poco la solución de NaOH 0,1 N hasta que el líquido alcanzara un pH entre 8,1 y 8,3; registrando el volumen de NaOH empleado. Con los datos obtenidos se empleó la siguiente fórmula, para uno de los ensayos:

$$AT = \frac{V_1 \times N \times K}{V_2} \times 100$$

Donde:

AT= % de ácido cítrico

V1= Volumen de NaOH consumido para la titulación de la alícuota (mL)

N= Normalidad de la solución de NaOH (0,1N)

K= Constante de acidez del ácido cítrico = 0,064

V2= Volumen de la alícuota tomada para el análisis (mL)

Pérdida de peso

Para evaluar la pérdida de peso en los tomates, al iniciar el experimento fue necesario tomar el peso de la tarrina, el peso de la película y el peso conjunto de los 10 tomates empleados para cada una de los tratamientos evaluados. Luego, cada dos días se tomaron los pesos en conjunto (película, tarrina y tomates), pues, las tarrinas no podían ser abiertas durante el experimento. Al finalizar el experimento en el día 12 las tarrinas fueron abiertas y se

pesó por separado el conjunto de 10 tomates, la tarrina y la película. Para determinar el porcentaje de pérdida de peso se usó la siguiente fórmula, Barco *et al.*, (2011):

$$\% PP = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Dónde:

PP (%) = Porcentaje de pérdida de peso

P_i = Peso inicial (g)

P_f = Peso final (g)

Vida útil

Para determinar este parámetro se aplicó la fórmula de Labuza (1982), citado por Fernández & García (2020), cinética de primer orden, en base a la siguiente ecuación:

$$A = A_o e^{kt}$$

Donde:

A: calidad en el tiempo

A_o: calidad al tiempo inicial

k: constante de la reacción

t: tiempo de almacenamiento

Al linealizar la ecuación se obtiene:

$$\ln(A) = \ln(A_o) \pm kt$$

Despejando t se tendría la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\ln(A) - \ln(A_0)}{k}$$

Tomando como referencia el 9% de pérdida de peso máximo para tomate, Escalona *et al.*, (2019), siendo este valor la calidad en el tiempo (A).

Evaluación sensorial

Firmeza

Para determinar la firmeza se utilizó un método subjetivo, utilizando la escala de Kader y Morris, que, mediante la comprensión de los dedos se determina la firmeza Rivero *et al.*, (2013), para este caso se ha modificado la numeración para facilitar la evaluación.

Tabla 6

Escala de Kader y Morris para determinación de firmeza

N°	Clase	Resistencia a la compresión por dedos	Características de las tajadas
5	Extraduro	Frutos que no ceden a una considerable presión.	No hay pérdidas de jugo ni semillas cuando son cortadas.
4	Duro	Frutos que ceden solo suavemente a una considerable presión	No hay pérdidas de jugo ni semillas cuando son cortadas.
3	Firme	Frutos que ceden suavemente a una moderada presión.	Cuando se cortan se pierden unas pocas gotas de jugo y/o semillas.
2	Blando	Frutos que ceden fácilmente a una suave presión.	Pérdida de jugo y/o semillas cuando se cortan.
1	Extra blando	Frutos que ceden muy fácilmente a una suave presión.	La mayor parte del jugo y las semillas se pierden cuando se cortan.

Nota. Tomado de Rivero *et al.*, (2013); INTA (2013).

Daños visibles

Para evaluar los daños visibles se consideraron solo los daños causados por microorganismo, pues, luego de establecer del ensayo, no habrá factores que afecten los tomates de manera mecánica. Para ello, se evaluó cada tomate de las tarrinas tomando como guía la escala utilizada por Suárez *et al.*, (2009) bajo ciertas modificaciones, como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7

Escala de daños visibles para tomate

Escala	% del producto afectado
1	0
2	10 – 40
3	40 – 70
4	70 – 100

Nota. Elaboración propia

Apariencia

La apariencia fue evaluada al iniciar y al finalizar el experimento en cada uno de los tomates de manera visual (subjetiva), tomando como base la escala de Zambrano y Materano (1999) citado por Suárez *et al.*, (2009) que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Escala evaluación de apariencia

Escala	Descripción
1	No aceptable
2	Medianamente aceptable
3	Aceptable comercialmente
4	Bueno
5	Excelente

Nota. Autor: Zambrano y Materano (1999) tomado de Suárez *et al.*, (2009)

Color

Se evaluó el cambio de color en cada tomate considerando la coloración externa de estos, tomando como guía la escala de colores de la USDA en su escala de 6 colores, Tabla 9. Los datos recolectados para esta variable serán tomados al inicio del experimento y luego de haber transcurrido 12 días de almacenamiento.

Tabla 9

Escala de color para tomate de USDA

Escala	Denominación	Descripción
1	Verde maduro	Toda la superficie es verde, que varía de tono verde según el cultivar.
2	Rompiendo	Se da el inicio de cambio de color verde a amarillo, rosado o rojo en no más del 10% de la superficie del fruto.
3	Pintón	Entre un 10% a un 30% de la superficie del fruto presenta color amarillo pálido, rosado-rojo, o una combinación de ambos.
4	Rosado	Entre un 30% a un 60% de la superficie muestra color rosado o rojo.
5	Rojo claro	Entre un 60% hasta un 90% de la superficie es de color rojo.
6	Rojo	Más del 90% de la superficie es de color rojo

Nota. Tomado de Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], (s.f.).

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un factor. El factor es el tipo de cubierta empleada sobre el envase con 10 tomates, siendo la unidad experimental cada tomate evaluado. Se analizaron cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4) cada uno con tres repeticiones (R1, R2, R3). En base al siguiente modelo matemático, aplicable a un solo factor:

$$Y_{kn} = \mu + T_k + \varepsilon_{kn}$$

Donde:

Y_{kn} = Número de tomates con daño significativo

μ = Media global

T_k = Efecto del i-ésimo tipo de película

ε_{kn} = Error aleatorio

Para el análisis estadístico se utilizará el software InfoStat (libre) y para realizar la clasificación de los tratamientos se efectuará por el método de Duncan con un nivel de significancia de 0,05. A continuación, en la Tabla 10 se definen los niveles del factor “tipo de cubierta” utilizados en el experimento y en la Tabla 11 los tratamientos respectivos.

Tabla 10

Factor y niveles empleados en el ensayo

Factor	Niveles
Tipo de cubierta	Papel film
	Película 0% de albedo (F1)
	Película 0,5% de albedo (F2)
	Película 1% de albedo (F3)

Nota. Autoría propia

Tabla 11

Tratamientos realizados en el ensayo

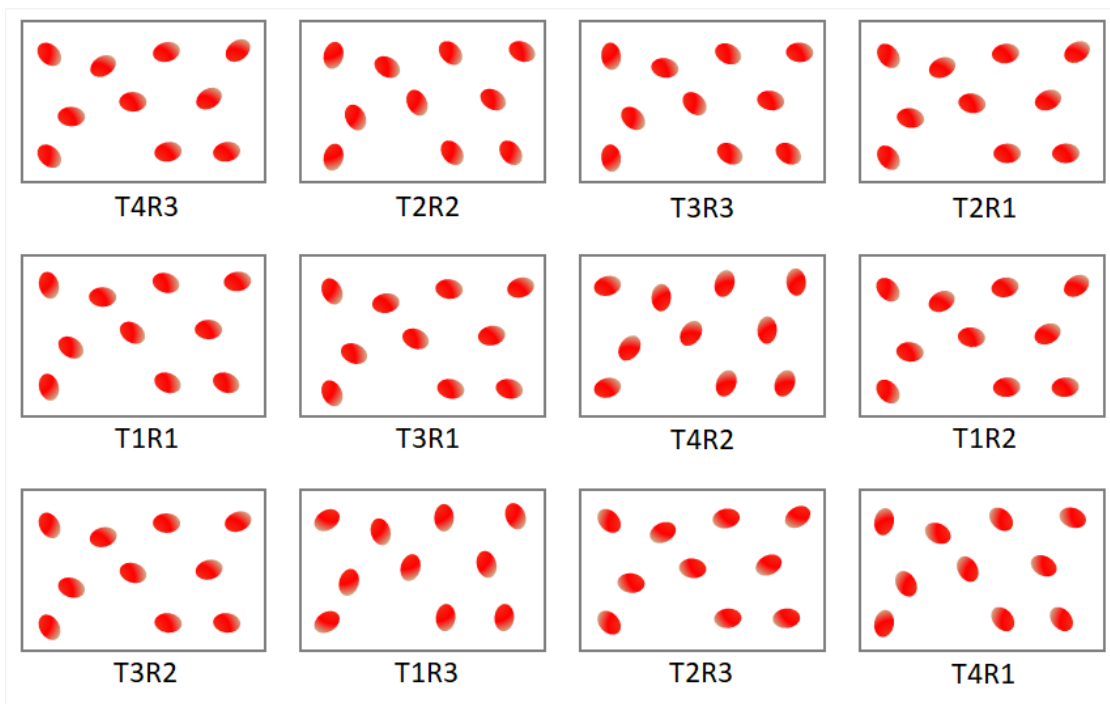
Tratamiento	Descripción
T1	Tomates con cubierta de plástico film.
T2	Tomates con cubierta de película F1.
T3	Tomates con cubierta de película F2.
T4	Tomates con cubierta de película F3.

Nota. Autoría propia *F: Formulación (ver Tabla 5)

En la Figura 5 se aprecia la distribución y establecimiento del experimento, con las unidades experimentales en cada tarrina, su tratamiento y repetición.

Figura 5

Croquis del experimento



Nota. Autoría propia. Distribución con un diseño completamente al azar, T1 (Tomates con cubierta de plástico film), T2 (Tomates con cubierta de película 0% de albedo), T3 (Tomates con cubierta de película 0,5% de albedo) y T4 (Tomates con cubierta de película 1% de albedo).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

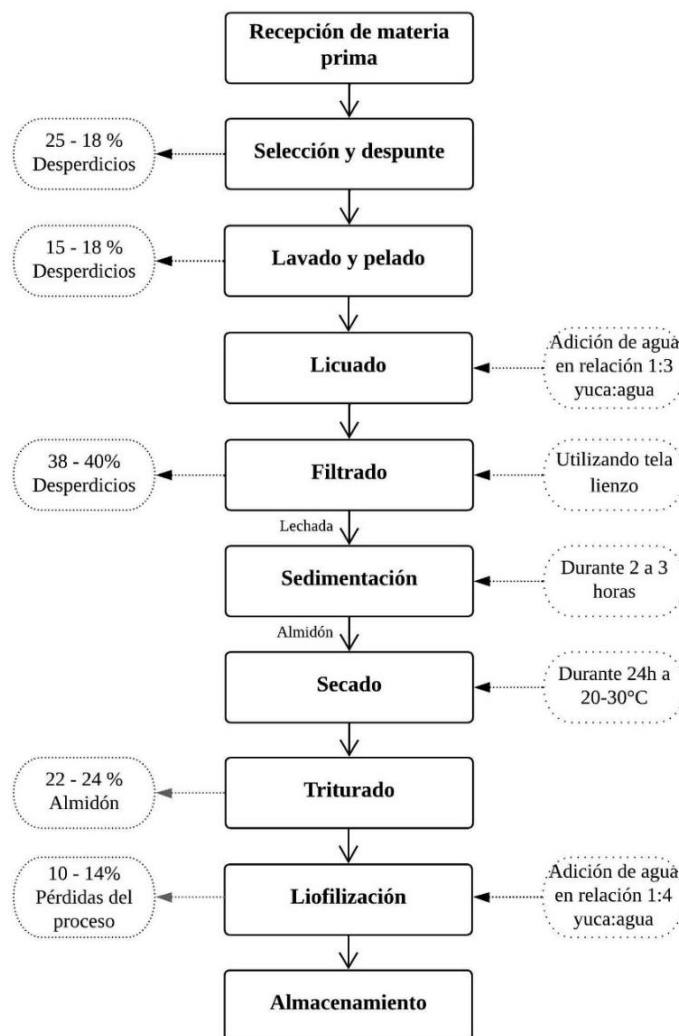
Resultados

Obtención y modificación de almidón de yuca

En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo para la obtención y modificación de almidón de yuca, desde su recepción hasta su almacenamiento, detallando los desperdicios en el proceso y su rendimiento.

Figura 6

Extracción y modificación del almidón de yuca



Nota. Autoría propia

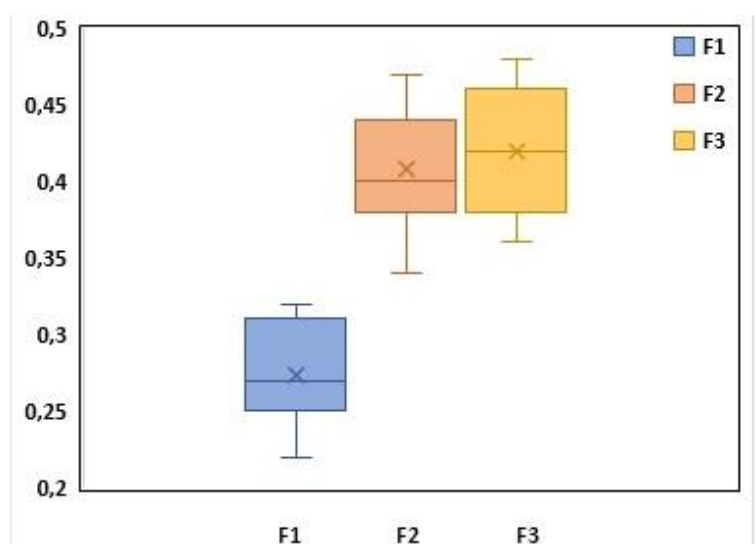
Caracterización de las películas

Espesor (mm)

En el diagrama Box Plot de la Figura 7, el eje vertical indica el espesor expresado en mm en las películas ensayadas, evidenciando que, la película elaborada con la formulación 3, presenta una media de mayor valor respecto a las otras formulaciones.

Figura 7

Box Plot de espesor en las películas evaluadas



Nota. F1 (0% de albedo), F2 (0,5% de albedo), F3 (1% de albedo)

La estimación por intervalo del espesor medio de la película, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Intervalos de confiabilidad del espesor de las películas

Películas	Media	LI	LS
F1	0,27	0,25	0,29
F2	0,41	0,38	0,43
F3	0,42	0,40	0,44

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

De acuerdo al análisis de varianza realizado, existen diferencias estadísticas significativas en los espesores de las películas evaluadas ($F_{2,42}=74,11$; $p<0,0001$), Tabla 13.

Tabla 13

ANAVA del espesor según la película evaluada

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,74	2	0,87	74,11	<0,0001
Película	1,74	2	0,87	74,11	<0,0001
Error	0,49	42	0,01		
Total	2,23	44			

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

Y al realizar la comparación de medias de Duncan, el espesor de la película F1 (0% de albedo) fue menor a las películas F2 y F3, como se aprecia en la Tabla 14.

Tabla 14

Promedio \pm desviación estándar del espesor en las películas evaluadas

Películas	Media \pm D. E	
F1 (Albedo 0%)	0,27 \pm 0,03	B
F2 (Albedo 0,5%)	0,41 \pm 0,04	A
F3 (Albedo 1%)	0,42 \pm 0,04	A

Nota. Valores con diferentes letras difieren estadísticamente ($p>0,05$)

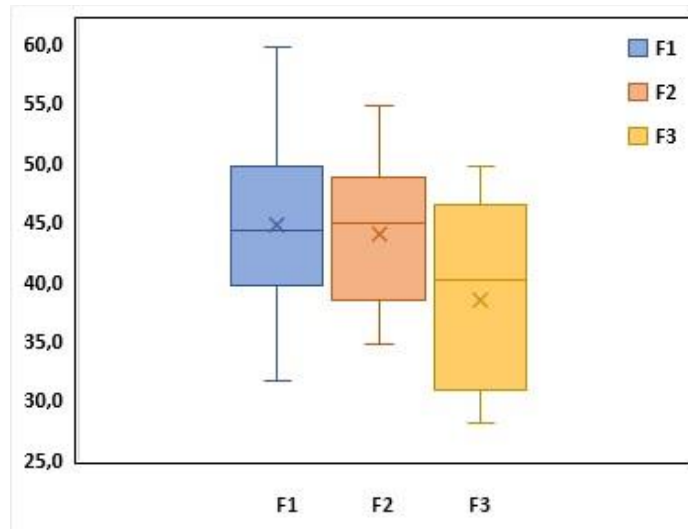
*Datos transformados a LN

Porcentaje de humedad

En el diagrama Box Plot de la Figura 8, en el eje vertical se observa el porcentaje de humedad en las películas ensayadas, donde, la película elaborada con la formulación 3 presenta una media de menor valor respecto a las otras formulaciones.

Figura 8

Box Plot del porcentaje de humedad en las películas evaluadas



Nota. F1 (0% de albedo), F2 (0,5% de albedo), F3 (1% de albedo)

La estimación por intervalo del porcentaje de humedad medio de la película, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

Intervalos de confiabilidad del porcentaje de humedad en las películas evaluadas

Películas	Media	LI	LS
F1	44,75	41,45	48,05
F2	44,02	41,23	46,81
F3	38,52	34,77	42,26

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

De acuerdo al análisis de varianza realizado, existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de humedad de las películas evaluadas ($F_{2,54}=4,71$; $p=0,0130$),

Tabla 16.

Tabla 16

ANAVA de porcentaje de humedad según la película evaluada

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	438,36	2	219,18	4,71	0,0130
Película	438,36	2	219,18	4,71	0,0130
Error	2512,29	54	46,52		
Total	2950,65	56			

Nota. Datos obtenidos con InfoStat

Y al realizar la comparación de medias de Duncan, la película F3 que en su formulación contiene 1% de albedo, tiene menor porcentaje de humedad con respecto a las películas F1 y F2, Tabla 17.

Tabla 17

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de humedad en las películas evaluadas

Películas	Media \pm D. E	
F1 (Albedo 0%)	44,75 \pm 6,64	A
F2 (Albedo 0,5%)	44,02 \pm 5,96	A
F3 (Albedo 1%)	38,53 \pm 7,78	B

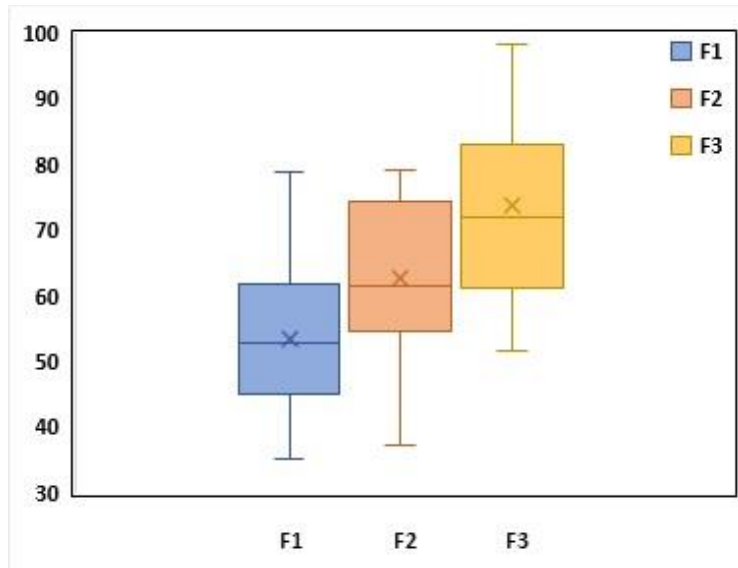
Nota. Valores con diferentes letras difieren estadísticamente ($p > 0,05$)

Porcentaje de solubilidad en agua

En el diagrama Box Plot de la Figura 9, en el eje vertical se observa el porcentaje de solubilidad en las películas ensayadas, donde, la película elaborada con la formulación 3 presenta una media de mayor valor respecto a las otras formulaciones.

Figura 9

Box Plot del porcentaje de solubilidad en las películas evaluadas



Nota. F1 (0% de albedo), F2 (0,5% de albedo), F3 (1% de albedo)

La estimación por intervalo del porcentaje de solubilidad medio de la película, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18

Intervalos de confiabilidad del porcentaje de solubilidad en las películas evaluadas

Películas	Media	LI	LS
F1	53,31	47,76	58,85
F2	62,66	57,28	68,04
F3	73,83	66,96	80,69

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

A la vez, de acuerdo al análisis de varianza realizado, existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de humedad de las películas evaluadas ($F_{2,53}=12,57$; $p<0,0001$), Tabla 19.

Tabla 19*ANAVA del porcentaje de solubilidad según la película evaluada*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3805,72	2	1902,86	12,57	<0,0001
Película	3805,72	2	1902,86	12,57	<0,0001
Error	8024,58	53	151,41		
Total	11830,31	55			

Nota. Datos obtenidos con InfoStat

Y al realizar la comparación de medias de Duncan, la película F3 (1% de albedo) es más soluble, mientras, la película menos soluble fue F1 (0% de albedo), los datos se aprecian en la Tabla 20.

Tabla 20*Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de solubilidad en las películas evaluadas*

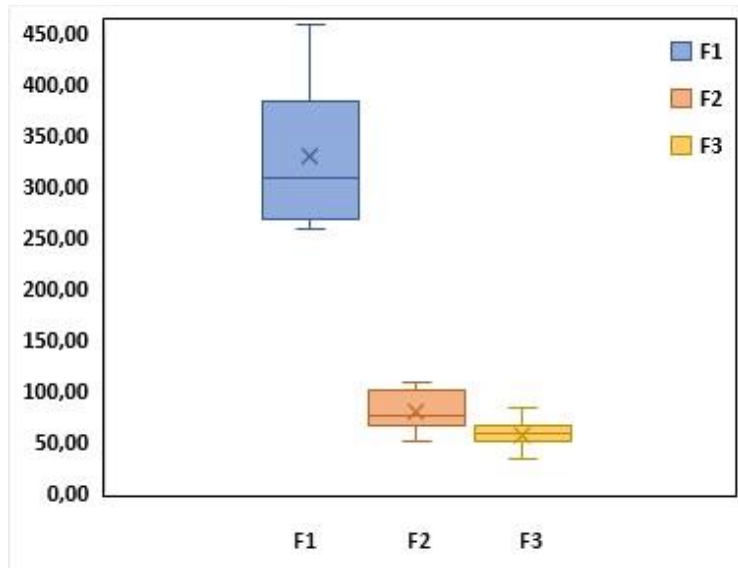
Películas	Media \pm D. E	
F1 (Albedo 0%)	53,31 \pm 10,79	c
F2 (Albedo 0,5%)	62,66 \pm 11,49	b
F3 (Albedo 1%)	73,83 \pm 14,24	a

Nota. Valores con diferentes letras difieren estadísticamente ($p > 0,05$)**Porcentaje de elasticidad**

En la Figura 10, el eje vertical indica el porcentaje de elasticidad en las películas ensayadas, donde, la media de la película elaborada con la formulación 1 es de mayor valor respecto a las otras formulaciones.

Figura 10

Box Plot del porcentaje de elasticidad en las películas evaluadas



Nota. F1 (0% de albedo), F2 (0,5% de albedo), F3 (1% de albedo)

La estimación por intervalo del porcentaje de elasticidad medio de la película, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Intervalos de confiabilidad del porcentaje de elasticidad en las películas evaluadas

Películas	LI	LS
F1	293,54	363,12
F2	69,60	89,29
F3	49,43	63,90

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

De acuerdo al análisis de varianza realizado, existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de humedad de las películas evaluadas ($F_{2,42}=272,08$; $p<0,0001$),

Tabla 22.

Tabla 22*ANAVA del porcentaje de elasticidad según la película evaluada*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,97	2	2,49	272,08	<0,0001
Película	4,97	2	2,49	272,08	<0,0001
Error	0,38	42	0,01		
Total	5,36	44			

Nota. Datos obtenidos con InfoStat

Y al realizar la comparación de medias de Duncan, la película F1 (0% de albedo) es más elástica, mientras, la película con menor porcentaje de elasticidad fue la película F3 (1% de albedo), los datos se aprecian en la Tabla 23.

Tabla 23*Promedio \pm desviación estándar de la elasticidad en las películas evaluadas*

Películas	Media \pm D. E	
F1 (Albedo 0%)	328,33 \pm 62,82	A
F2 (Albedo 0,5%)	79,44 \pm 17,78	B
F3 (Albedo 1%)	56,67 \pm 13,06	C

Nota. Valores con diferentes letras difieren estadísticamente ($p > 0,05$)

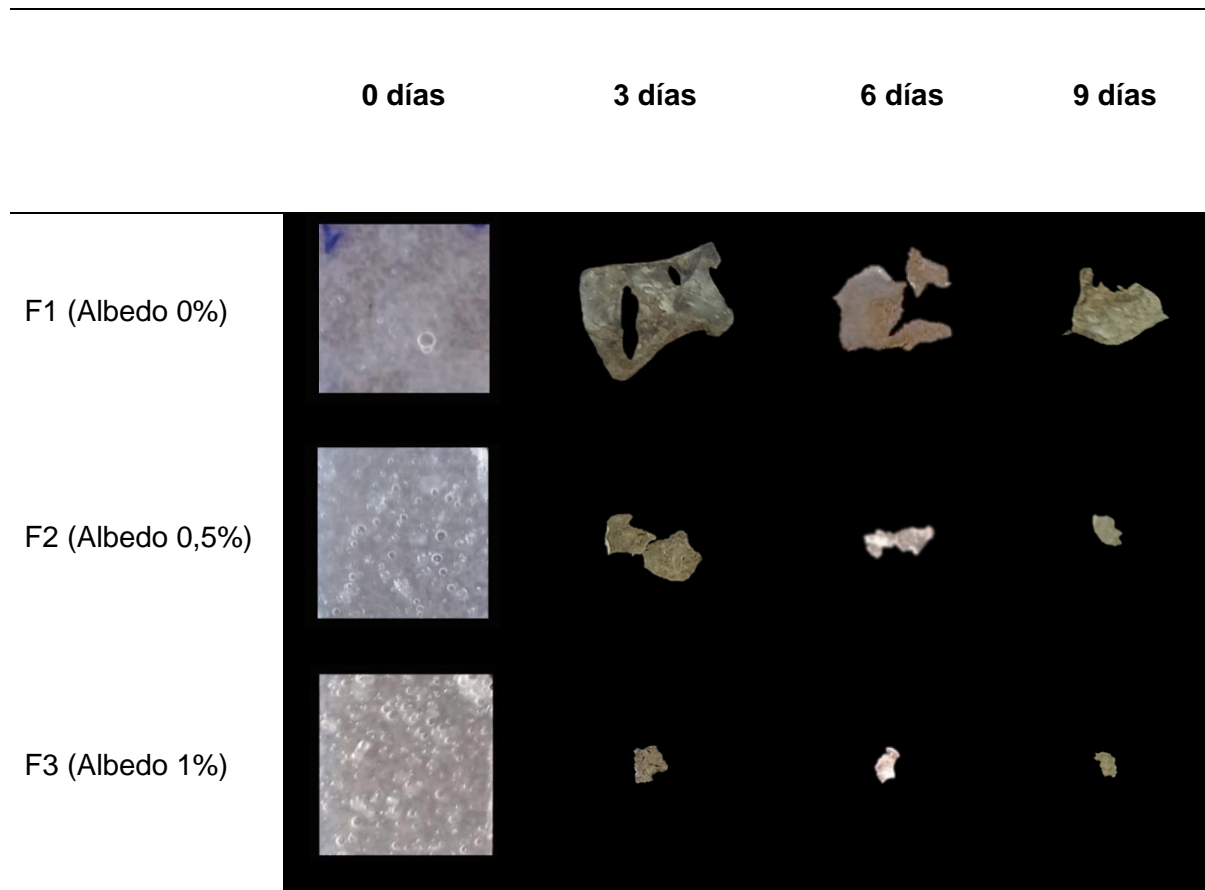
*Datos transformados a Log 10

Biodegradabilidad

En la Tabla 24 se aprecia el cambio progresivo que ha sufrido cada una de las películas en el transcurso del tiempo, evidenciándose cambios desde el tercer día.

Tabla 24

Aspecto de la biodegradabilidad en las películas evaluadas



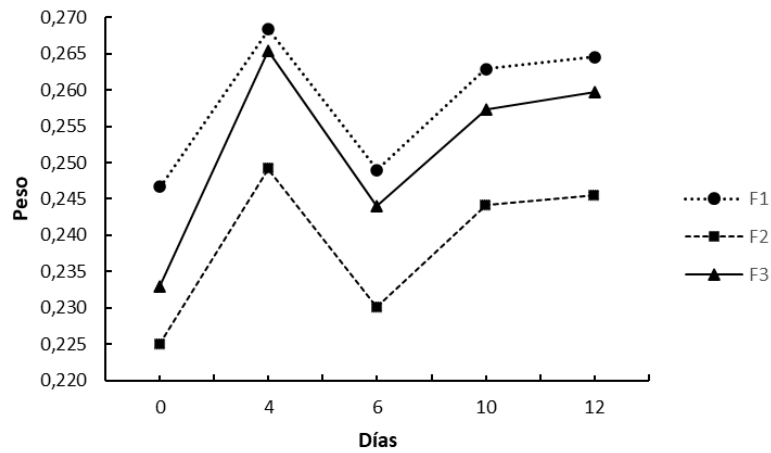
Nota. Autoría propia

Variación de peso en el tiempo

En la Figura 11 se aprecia el comportamiento del peso promedio en cada una de las películas, evaluadas en diferentes lapsos de tiempo hasta alcanzar 12 días. Estas gráficas no se ajustaron una ecuación matemática con R^2 significativo. Entonces, el peso de la película no presenta un incremento lineal, exponencial, logarítmico en el tiempo; por tanto, el peso de la película dependerá de factores ambientales.

Figura 11

Peso de las películas evaluadas en el tiempo, en condiciones de laboratorio



Nota: F1 (0% de albedo), F2 (0,5% de albedo), F3 (1% de albedo).
Autoría propia.

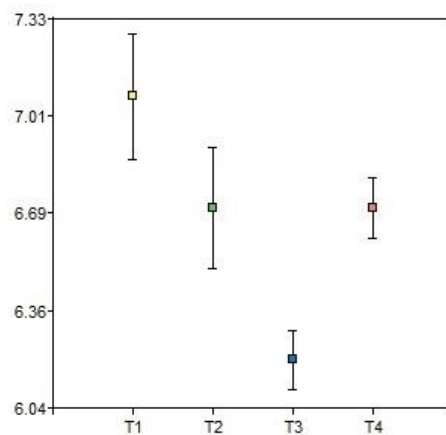
Efecto de la cubierta sobre las propiedades de los tomates

Contenido de sólidos solubles (°Brix)

En el diagrama de puntos de la Figura 12, el eje vertical indica los grados Brix (°Brix) de los tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta.

Figura 12

Gráfico de puntos del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

La estimación por intervalo de los °Brix medios de los tomates almacenados, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25

Intervalos de confiabilidad del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta.

Tratamientos	LI	LS
T1	6,55	7,58
T2	6,20	7,20
T3	5,95	6,45
T4	6,45	6,95

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

De acuerdo al análisis de varianza realizado, existe diferencias estadísticas significativas en el contenido de sólidos solubles de los tomates Cherry almacenados con los cubrimientos evaluados ($F_{3,8}=14,71$; $p=0,0013$), Tabla 26.

Tabla 26

ANAVA del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates, según la película evaluada

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,14	3	0,38	14,71	0,0013
Película	1,14	3	0,38	14,71	0,0013
Error	0,21	8	0,03		
Total	1,35	11			

Nota. Datos obtenidos con InfoStat

Al realizar la comparación de medias de Duncan, los tomates con cubierta de papel film (T1) poseen mayor °Brix, con respecto a los otros tratamientos, los datos se aprecian en la Tabla 27.

Tabla 27

Promedio \pm desviación estándar del contenido de sólidos solubles °Brix en los tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta

Tratamientos	Media \pm D. E	
T1	7,07 \pm 0,21	a
T2	6,70 \pm 0,20	b
T3	6,20 \pm 0,10	c
T4	6,70 \pm 0,10	b

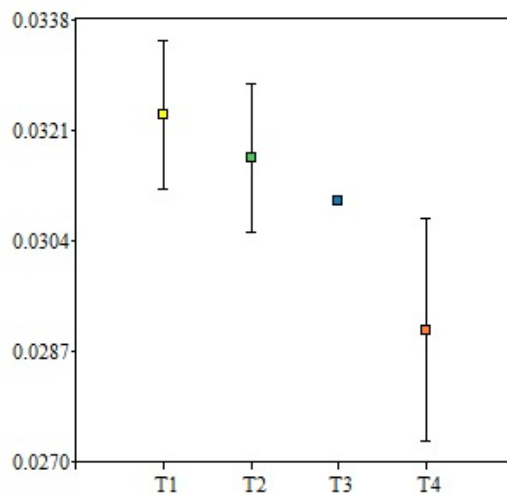
Nota. Valores con diferentes letras difieren estadísticamente ($p > 0,05$)

Acidez (%Ácido cítrico)

En el diagrama de puntos de la Figura 13, el eje vertical indica el porcentaje de ácido cítrico presente en tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta.

Figura 13

Gráfico de puntos de la acidez titulable en tomates luego de almacenarse durante 12 días con diferentes tipos de cubierta



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

La estimación por intervalo del espesor medio de la película, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28

Intervalos de confiabilidad del porcentaje de ácido cítrico en tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta

Tratamientos	LI	LS
T1	0,03	0,04
T2	0,03	0,03
T3	0,03	0,03
T4	0,02	0,03

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

De acuerdo al análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis realizado, no existen diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de ácido cítrico en tomates de las cubiertas evaluadas ($H=5,05$; $p=0,0928$), Tabla 29, sin presentar diferencias entre los tratamientos, Tabla 30.

Tabla 29

Análisis no paramétrico Kruskal Wallis de acidez titulable en tomate, según la película evaluada

Cubierta	Medias	D.E.	Medianas	H	P
T1	0,032	0,0012	0,03	5,05	0,0928
T2	0,032	0,0012	0,03		
T3	0,031	0,0000	0,03		
T4	0,029	0,0017	0,03		

Nota. Datos obtenidos con InfoStat

Tabla 30

Promedio \pm desviación estándar %ácido cítrico en los tomates de acuerdo al tipo de cubierta empleada

Tratamientos	Media \pm D. E
T1	0,032 \pm 0,0012 ns
T2	0,032 \pm 0,0012 ns
T3	0,031 \pm 0,0000 ns
T4	0,029 \pm 0,0017 ns

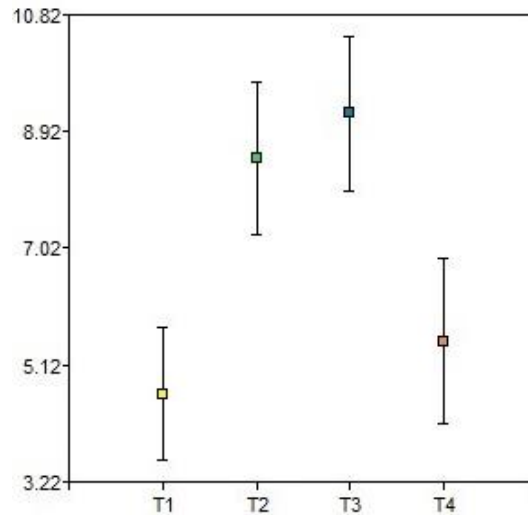
Nota. ns: no significativo

Pérdida de peso (%)

En el diagrama de puntos de la Figura 14, el eje vertical muestra el porcentaje de peso perdido en tomate luego de 12 días de almacenamiento con diferentes tipos de cubierta, evidenciándose una media menor de porcentaje de pérdida de peso en T1.

Figura 14

Gráfico de puntos del porcentaje de pérdida de peso del tomate luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta

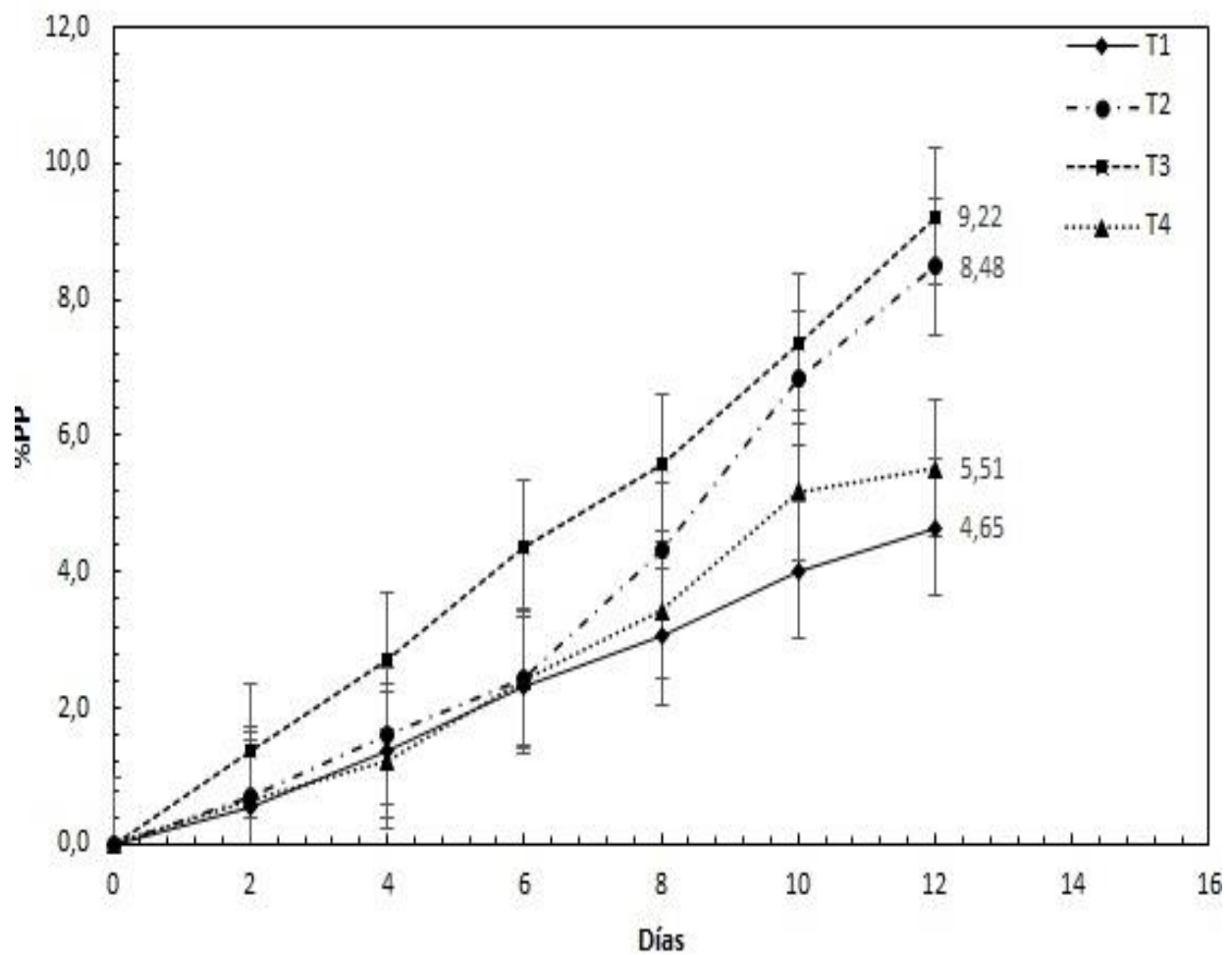


Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

En la Figura 15 se aprecia el porcentaje de pérdida de peso promedio de los tomates, que ha sido registrado cada dos días durante los 12 días de almacenamiento según la cubierta evaluada.

Figura 15

Porcentaje de pérdida de peso promedio cada dos días en tomates, empleando diferentes tipos de cubierta



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

La estimación por intervalo del espesor medio de la película, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Intervalos de confiabilidad del porcentaje de pérdida de peso en tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta

Tratamientos	LI	LS
T1	1,96	7,34
T2	5,40	11,57
T3	6,10	12,34
T4	2,17	8,86

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat

De acuerdo al análisis de varianza realizado, existe diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de pérdida de peso en tomates de las cubiertas evaluadas ($F_{3,8}=8,76$; $p=0,0066$), Tabla 32.

Tabla 32

ANAVA del contenido de sólidos solubles °Brix en tomates, según la película evaluada

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,03	3	0,34	8,76	0,0066
Película	1,03	3	0,34	8,76	0,0066
Error	0,31	8	0,04		
Total	1,34	11			

Nota. Datos obtenidos con InfoStat

Y al realizar la comparación de medias de Duncan, los tomates cubiertos con el film (T1) poseen mayor cantidad de °Brix con respecto a los otros tratamientos, los datos se aprecian en la Tabla 33.

Tabla 33

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de pérdida de peso en los tomates luego de 12 días de almacenamiento, con diferentes tipos de cubierta

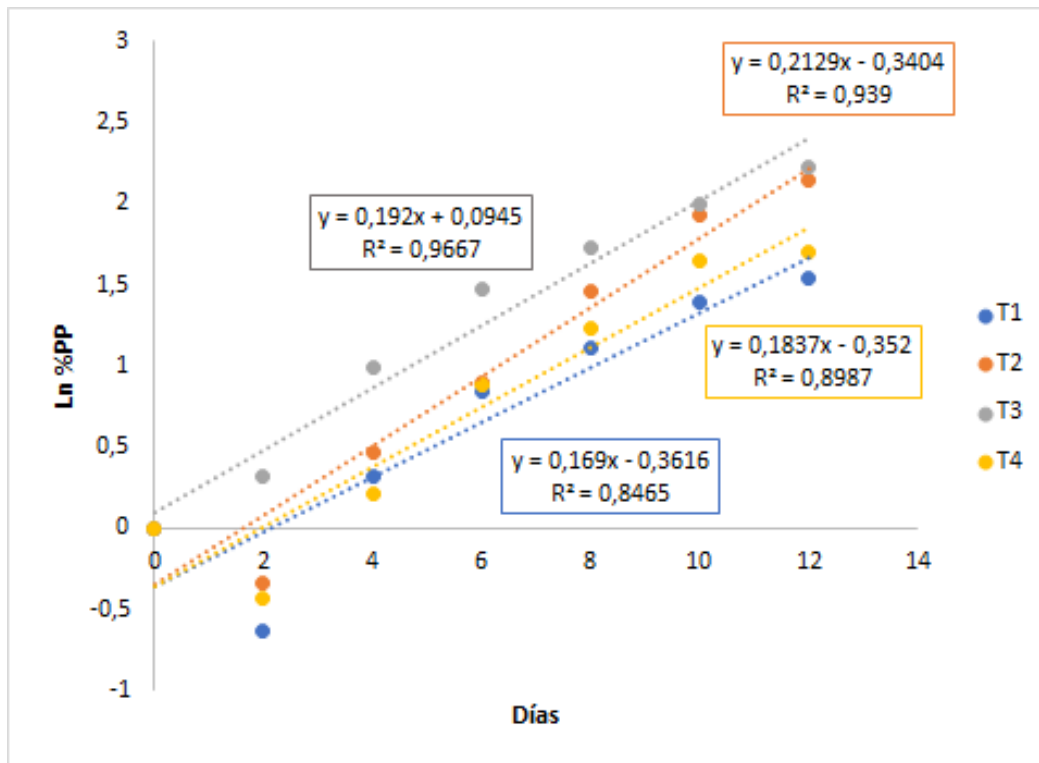
Tratamientos	Media \pm D. E	
T1	4,65 \pm 1,08	a
T2	8,48 \pm 1,24	b
T3	9,22 \pm 1,26	b
T4	5,51 \pm 1,35	a

Nota. Valores con diferentes letras difieren estadísticamente ($p > 0,05$)
 *Datos transformados a LN

Vida útil (días)

Figura 16

Linealización de Ln del porcentaje pérdida de peso para obtención de vida útil en tomate



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

En la Figura 16 se aprecia la linealización de Ln del porcentaje de pérdida de peso obtenido de los tomates de acuerdo a la cubierta empleada, apreciándose la ecuación de cada uno de los tratamientos, con las cuales se aplicó la fórmula de Labruza (1982), apreciándose en la Tabla 34 los tiempos de vida útil en tomates según la cubierta empleada. Donde los tomates de T1 y T4, tienen mayor tiempo de vida útil con 15,14 y 13,88 días respectivamente.

Tabla 34

Tiempo de vida útil (días) del tomate según la cubierta empleada, aplicando la fórmula de Labruza

Tratamiento	T1	T2	T3	T4
t (Días)	15,14	11,92	10,95	13,88

Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

Evaluación sensorial

Firmeza

En la Tabla 35, se muestra la tabla de contingencia con las frecuencias absolutas de cada tipo de firmeza observada en los tomates luego de 12 días de almacenamiento, según el tipo de cubierta.

Tabla 35

Frecuencias absolutas, del tipo de firmeza en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

Tratamientos	Firmeza			Total
	2	3	4	
T1	11	15	4	30
T2	12	18	0	30
T3	5	25	0	30
T4	13	14	3	30
Total	41	72	7	120

Nota. *T: ver Tabla 11. Autoría propia

Y de acuerdo al análisis de contingencia de la Tabla 36, existe dependencia estadísticamente significativa en el valor de p para los estadísticos Chi cuadrado de Pearson ($p=0,0189$) y Chi cuadrado de Mv-G2 ($p=0,0060$) entre la cubierta aplicada y el tipo de firmeza obtenida.

Tabla 36

Análisis de contingencia frecuencia de tipo de firmeza vs tipo de cubierta

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	15,18	6	0,0189
Chi Cuadrado Mv-G2	18,10	6	0,0060
Coef. Contingencia Cramer	0,21		
Coeficiente Contingencia Pearson	0,34		

Nota. gl: grados de libertad

Tabla 37

Frecuencias relativas por filas, del tipo de firmeza en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

Tratamientos	Firmeza			Total
	2	3	4	
T1	37	50	13	100
T2	40	60	0	100
T3	17	83	0	100
T4	43	47	10	100
Total	34	60	6	100

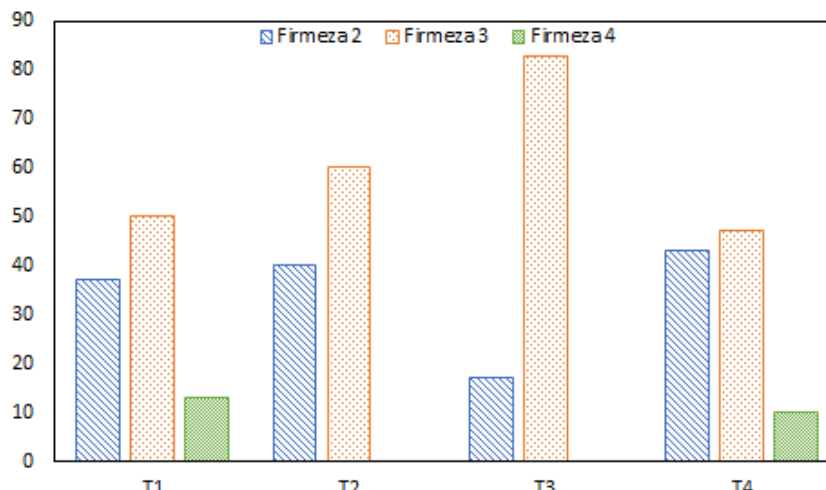
Nota. Frecuencias relativas por filas obtenidos con InfoStat.

*T: ver Tabla 11.

En la Tabla 37 se observa que, el 60% de los tomates se encontraba en Firmeza 3, categoría “firme”, en mayor proporción en los tomates del tratamiento T3, mientras, el 6% de los tomates evaluados se encontró en Firmeza 4, categoría “duro” Rivero *et al.*, (2013). Estos valores se pueden apreciar mejor en la Figura 17.

Figura 17

Frecuencias relativas por fila del tipo de firmeza en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

Daños visibles

La Tabla 38, muestra la tabla de contingencia con las frecuencias absolutas del tipo de daño visible, luego de 12 días de almacenamiento en los tomates según el tipo de cubierta.

Tabla 38

Frecuencias absolutas, del tipo de daño visible en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

Tratamientos	Daño visible	
	1	Total
T1	30	30
T2	30	30
T3	30	30
T4	30	30
Total	120	120

Nota. Resultados obtenidos con InfoStat. Autoría propia.

*T: ver Tabla 11.

Y de acuerdo al análisis de contingencia (Tabla 39), no existe dependencia estadísticamente significativa en el valor de p para los estadísticos Chi cuadrado de Pearson ($p > 0,9999$) y Chi cuadrado de Mv-G2 ($p > 0,9999$) entre la cubierta aplicada y el tipo de daño visible observado.

Tabla 39

Análisis de contingencia frecuencia de tipo de daño visible vs tipo de cubierta

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	0,00	3	>0,9999
Chi Cuadrado Mv-G2	0,00	3	>0,9999
Coef. Contingencia Cramer	0,00		
Coeficiente Contingencia Pearson	0,00		

Nota. gl: grados de libertad

Tabla 40

Frecuencias relativas por filas, del tipo de daño visible en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

Tratamientos	Daño visible	
	1	Total
T1	100	100
T2	100	100
T3	100	100
T4	100	100
Total	100	100

Nota. *T: ver Tabla 11.

En la Tabla 40 se puede observar que, en el ensayo realizado todos los tomates evaluados se encuentran en categoría 1 en daños visibles, por lo tanto, no presentan ningún tipo de daño causado por microorganismos.

Apariencia

En la Tabla 41 se aprecia la tabla de contingencia con las frecuencias absolutas del tipo de apariencia observada luego de 12 días de almacenamiento, según el tipo de cubierta.

Tabla 41

Frecuencias absolutas, del tipo de apariencia en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

Tratamientos	Apariencia			Total
	1	2	3	
T1	4	13	13	30
T2	25	4	1	30
T3	21	9	0	30
T4	23	7	0	30
Total	73	33	14	120

Nota. *T: ver Tabla 11.

Y de acuerdo al análisis de contingencia de la Tabla 42, existe dependencia estadísticamente significativa en el valor de p para los estadísticos Chi cuadrado de Pearson ($p < 0,0001$) y Chi cuadrado de Mv-G2 ($p < 0,0001$) entre la cubierta aplicada y el tipo de apariencia obtenida.

Tabla 42

Análisis de contingencia frecuencia de tipo de apariencia vs tipo de cubierta

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	55,03	6	<0,0001
Chi Cuadrado Mv-G2	57,04	6	<0,0001
Coef. Contingencia Cramer	0,39		
Coeficiente Contingencia Pearson	0,56		

Nota. gl: grados de libertad

Tabla 43

Frecuencias relativas por filas, del tipo de apariencia en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

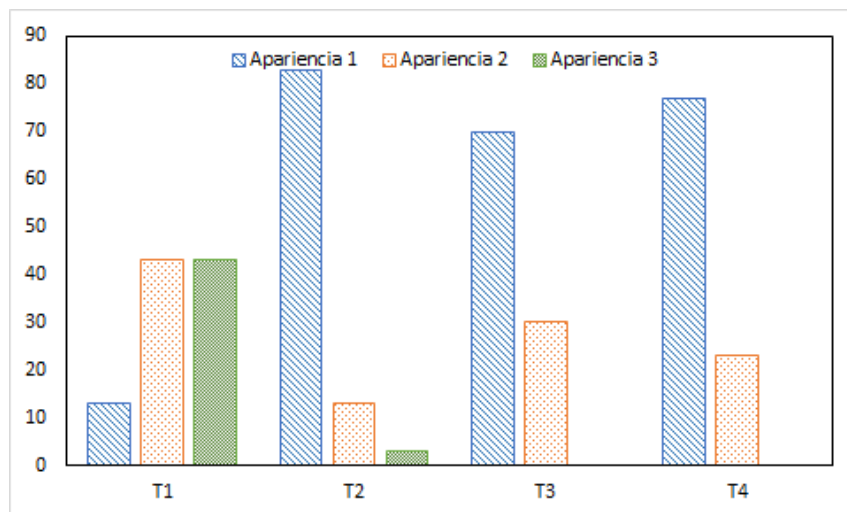
Tratamientos	Apariencia			Total
	1	2	3	
T1	13	43	43	100
T2	83	13	3	100
T3	70	30	0	100
T4	77	23	0	100
Total	60	28	12	100

Nota. *T: ver Tabla 11.

En la Tabla 43 se puede observar que, luego de 12 días de almacenamiento la mayor proporción de estos con el 60% se encuentran en la escala 1 de apariencia “no aceptable”; mientras el 12% se encontraban en la escala 3 “aceptable comercialmente”. En la Figura 18 se aprecia de mejor manera lo descrito.

Figura 18

Frecuencias relativas por fila del tipo de apariencia en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

Color

En la Tabla 44 se muestra la tabla de contingencia con las frecuencias absolutas del color observado luego de 12 días de almacenamiento en cada tomate, según el tipo de cubierta.

Tabla 44

Frecuencias absolutas, del color en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

Tratamientos	Color		Total
	5	6	
T1	3	27	30
T2	2	28	30
T3	0	30	30
T4	1	29	30
Total	6	114	120

Nota. *T: ver Tabla 11.

Y de acuerdo al análisis de contingencia de la Tabla 45, no existe dependencia estadísticamente significativa en el valor de p para los estadísticos Chi cuadrado de Pearson ($p=0,3196$) y Chi cuadrado de Mv-G2 ($p= 0,1973$) entre la cubierta aplicada y el tipo color obtenido.

Tabla 45

Análisis de contingencia frecuencia del color vs tipo de cubierta

Estadístico	Valor	gl	P
Chi Cuadrado Pearson	3,51	3	0,3196
Chi Cuadrado Mv-G2	4,67	3	0,1973
Coef. Contingencia Cramer	0,12		
Coeficiente Contingencia Pearson	0,17		

Nota. gl: grados de libertad

Tabla 46

Frecuencias relativas por filas, del color en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada

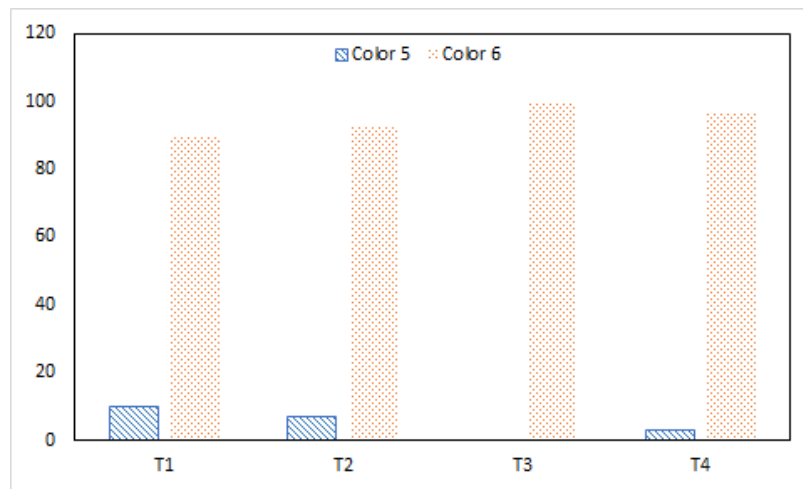
Tratamientos	Color		Total
	5	6	
T1	10	90	30
T2	7	93	30
T3	0	100	30
T4	3	97	30
Total	5	95	120

Nota. *T: ver Tabla 11.

En la Tabla 46 se puede observar que, en mayor proporción los tomates luego de 12 días de almacenamiento se encontraban en la escala de color 6, apreciándose en la Figura 19 la proporción de tomates en las escalas de color.

Figura 19

Frecuencias relativas por fila del tipo de color en tomates luego de 12 días de almacenamiento, según la cubierta empleada.



Nota. T1 (tomates con cubierta Film), T2 (tomates con cubierta película F1), T3 (tomates con cubierta película F2), T4 (tomates con cubierta película F3).

Discusión

Obtención de almidón

El rendimiento de almidón de yuca se encontró entre el 22 y 24%, similar al reportado por Alarcón & Dufour (1998) quienes obtuvieron un rendimiento del 22,6% y mayor a los valores conseguidos por Ramos & Martínez (2016) con 14% y García *et al.*, (2018) con $18 \pm 2\%$. Moreno & Gourdj (2015) explican que la variación en el rendimiento de almidón se puede deber a varios aspectos como: la variedad empleada, el método de extracción o incremento de precipitaciones previo a la cosecha, ocasionando menores rendimientos de almidón.

Caracterización de las películas

Espesor (mm)

En cuanto a esta característica varios autores han realizado y detallado los valores obtenidos en sus experimentos, empleando como materia prima almidón de yuca así es el caso de lamareerat *et al.*, (2018) donde el espesor de su película elaborada con almidón posee $0,29 \pm 0,02$ mm, o en el trabajo de González *et al.*, (2016) $0,20 \pm 0,02$ mm, los cuales en comparación con la película de este trabajo ($0,27 \pm 0,03$ mm), tienen similar espesor. Pero, otros ensayos reflejan valores de 0,073 mm Zhou *et al.*, (2021), 0,08 mm, Cortés *et al.*, (2020), entre 0,081 mm y 0,094 mm Adjouman *et al.*, (2017); entre 0,076 y 0,092, Souza *et al.*, (2012); valores alejados a los obtenidos en este trabajo. El tener valores de espesor tan variados, puede deberse a la cantidad de solución vertida según el área del molde utilizado, detalle no especificado en los trabajos mencionados. En el caso de las películas con diferentes porcentajes de albedo, no se han encontrado ensayos con los cuales se pueda comparar esta característica, pero, se observa que las películas que contienen albedo aumentan su espesor.

Contenido de humedad %)

En el ensayo realizado la película sin contenido de albedo presentó el 44,75% de humedad, al comparar esta característica con los resultados de otros autores el contenido de

humedad es variado; como lo obtenido por Adjouman *et al.*, (2017), cuando sus películas fueron elaboradas con 2% de almidón y 25% de glicerol se obtuvo una media de 16,19% de humedad, mientras, las películas con 2% de almidón y 30% de glicerol la media fue 21,76%, pero estos valores tan bajos en comparación a los de este trabajo también pueden estar influenciados por su espesor, en este autor los valores medios del espesor eran de 0,081mm y 0,094mm respectivamente. Otro caso se aprecia con Cortés *et al.*, (2020) donde el porcentaje de humedad obtenido es de 6,5%, espesor de 0,08 mm, pero su formulación contiene 3% de almidón. Por tanto, es notable la diferencia entre los valores de humedad de cada uno de los ensayos, pues cada ensayo emplea diferentes formulaciones y obtienen diferentes espesores.

Por otro lado, las películas del ensayo con 0,5% de albedo contienen 44,02% de humedad mientras las películas con 1% de albedo poseen 38,53% de humedad, al no haber investigaciones de películas empleando este componente es difícil comparar con resultados de otros autores; pero, se observa que a mayor contenido de albedo el porcentaje de humedad en la película se reduce. Para tratar explicar este aspecto se ha investigado sobre el albedo en otro cítrico, en la investigación de Costa *et al.*, (2021) detallan las características de harina de albedo en limón Tahití, una de ellas la higroscopicidad mostrando que esta harina es ligeramente higroscópica, en consecuencia, absorbe humedad.

Solubilidad en agua (%)

Como lo explica Romero *et al.*, (2005) la solubilidad indica la integridad de una película comestible en un medio acuoso, por tanto, a mayor porcentaje de solubilidad la película poseerá menor resistencia al agua. Esta cualidad como lo manifiesta Haghghi *et al.*, (2019) es la mayor limitante para el uso de películas de base biológica en envases de alimentos en lugares húmedos, sin embargo, una película con gran solubilidad podría ser utilizado como envoltorio comestible en otro tipo de productos al disolverse en la boca, Sothornvit & Krochta

(2000), aplicación que podría darse a la película con 1% de albedo cítrico estudiada en este ensayo.

Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones, las películas evaluadas en este trabajo poseen mayor porcentaje de solubilidad. Las películas sin contenido de albedo en este trabajo poseen una media del 53,31% de solubilidad, siendo mayor a los resultados obtenidos por Chiumarelli & Hubinger (2012) donde la solubilidad se encuentra entre 44,16% y 48,36%, empleando almidón nativo. Mientras, en investigaciones donde se emplea almidones modificados los resultados son variados, en el trabajo de Zhou *et al.*, (2021) empleando almidón de yuca hidroxipropílico oxidado obtuvo un 52,83% de solubilidad, en Gutiérrez (2017) la solubilidad de las películas fue del 41% empleando almidón modificado con luz pulsada, en cambio, al utilizar almidón nativo este fue del 38%; en Gutiérrez *et al.*, (2015) con uso de almidón fosfatado obtuvo 36% de solubilidad, mientras, con almidón nativo 24% de solubilidad. Por lo tanto, al modificar el almidón incrementa la solubilidad de la película.

Además, las diferencias son evidentes dependiendo de los compuestos empleados en sus formulaciones pues como lo explica Tongdeesoontorn *et al.*, (2011), mientras, la película contenga mayor cantidad de almidón y glicerina serán más solubles en agua al ser componentes hidrofílicos.

Elasticidad (%)

En esta característica, entre las películas evaluadas la película sin contenido de albedo es más elástica, al tener una media de 328,33% de elasticidad, valor elevado en comparación con otras investigaciones, el trabajo realizado por Souza *et al.*, (2012) los valores fluctúan entre 89,85% y 213,43%, siendo los valores más cercanos al de la película evaluada en este trabajo, en cambio, en el trabajo realizado por Cortés *et al.*, (2020) los porcentajes de elasticidad se encuentran entre el 76,6% y 97%. Al no existir investigaciones sobre el uso de albedo cítrico en

películas comestibles, se presentan los resultados sobre esta característica del trabajo realizado por Lamareerat *et al.*, (2018) quienes evidenciaron que al utilizar como base almidón de yuca y añadirle aceite de canela a la formulación, estas aumentan su elasticidad, pasando de 92,38% a 281,06% de elasticidad. En este trabajo la proporción de albedo influye sobre la elasticidad de la película, donde, a mayor proporción de albedo posea la película menor es el porcentaje de elasticidad.

Biodegradación (visual)

Según como lo menciona Nguyen *et al.*, (2016) la biodegradabilidad es afectada por varias condiciones, entre ellas la humedad, la película y los microorganismos presentes en el suelo González *et al.*, (2016) explica que, el agua en el suelo provoca hinchazón en la película, aumentan los microorganismos y por ende aumenta la biodegradación. En las películas evaluadas en este trabajo, aquellas con contenido de albedo cítrico son más biodegradables, apreciándose cambios evidentes desde el tercer día, pero, la película sin contenido de albedo manifestó cambios evidentes a los 9 días. En cambio, en González *et al.*, (2016) las películas mostraron degradación significativa a los 30 días, apreciándose cambios de color y mostrándose poros a los 6 días.

Efecto de la cubierta sobre las propiedades de los tomates

Contenido de sólidos solubles y acidez titulable

Al iniciar el ensayo los tomates empleados presentaban una media de 6,5 °Brix, luego del almacenamiento a los 12 días los valores presentaron diferencias dependiendo de la cubierta empleada, los tomates de T1 (cubiertos con plástico film) presentaron una media de 7,07°Brix; los tomates de T2 (cubiertos con película F1) una media de 6,70°Brix similar a T4 (cubiertos con películas F3) aumentando los valores de sólidos solubles, mientras, los tomates de T3 (cubiertos de película F2) redujeron los sólidos solubles a una media de 6,20°Brix. En el trabajo realizado por Flores (2016) la concentración de sólidos solubles aumentó de 7,20 a

7,63°Brix luego de almacenarse los tomates con recubrimiento de quitosano utilizando la técnica de aspersión.

Como lo explican varios autores, entre ellos Aguilar (2008) el aumento de sólidos solubles se debe a la evolución de su madurez, a través del proceso de biosíntesis o degradación de polisacáridos, en este caso, mayor en tomates T1 y menor en tomates T2 y T4. Por otro parte, la reducción de grados Brix se debe a que al aumentar el proceso de respiración los sustratos empleados son azúcares simples (glucosa - fructosa) por lo tanto, estos se pierden o se reducen, Arias (2000), como en el caso de los tomates T3. En el caso de la acidez, la disminución de esta es asociada a la maduración de la fruta, al mismo tiempo, que la respiración aumenta la pérdida de acidez; Ramírez *et al.*, (2013).

Pérdida de peso

En el ensayo realizado la pérdida de peso del tomate Cherry luego de 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente de la zona (alrededor de 15°C), revelan valores desde el 4,65% al 9,22% de pérdida de peso, variando según el tipo de cubierta utilizada. Las cubiertas que presentaron menores porcentajes de pérdida de peso fueron el plástico film y la película comestible con 1% de albedo que, a su vez no mostraron diferencias significativas entre sí; en cambio, al emplearse como cubierta películas con 0 y 0,5% de albedo se evidenciaron mayores pérdidas de peso. Kader & Saltveit (2003), manifiestan que entre el 3 y 5% de la pérdida de peso postcosecha se explica por la salida de CO₂ de las células, difusión de gases a través de la corteza de la fruta y pérdida de los vapores de agua, en este caso de la hortaliza a través de los poros. Pero, cuando las frutas o verduras llegan a perder más del 5% de su peso, los productos son privados de su frescura, Robertson (2006); lo que explicaría los cambios sufridos en su apariencia y firmeza.

Según Gutiérrez *et al.*, (2020) la vida útil es el periodo de tiempo donde el producto permanece inocuo, conservando sus características funcionales, microbiológicas, sensoriales

(sabor, aroma, textura) y físico-químicas deseadas, a la vez, este procedimiento debe aplicarse cuando se desarrolle nuevos productos, al usar nuevos envases y procedimientos de envasado; siendo, importante el análisis de este parámetro en la funcionalidad de las películas comestibles al ser un posible envase no muy experimentado. Escalona *et al.*, (2019) detallan de manera general que en productos gama IV (mínimamente procesados) la vida útil máxima rara vez supera los 7 o 10 días bajo refrigeración, lo cual para esta hortaliza recomienda entre 10 a 12,5°C. Mientras, en este ensayo se alcanzó una mayor vida útil con temperatura ambiental de la zona con una media de 15°C, obteniéndose una vida útil de 12 días al usar películas sin albedo, 11 días usando películas con 0,5% de albedo, 14 días con películas con 1% de albedo y 15 días al emplearse papel film. Por ende, pueden las películas con 1% de albedo ser una buena opción para mantener la vida útil en tomate Cherry.

Evaluación sensorial

Al iniciar el ensayo todos los tomates se encontraban en óptimas condiciones de comercialización, encontrándose en la escala 5 “extraduro” de firmeza (ver Tabla 6), en daño visible en la escala 1 al tener 0% de daños (ver Tabla 7), en apariencia en la escala 5 “excelente” (ver Tabla 8) y en el color en la escala 4 “rosado” donde los tomates tenían entre el 30 y 60% de su superficie rosado o rojo (ver Tabla 9). Antes de analizar los resultados obtenidos luego de los 12 días de almacenamiento, se debe considerar que durante el tiempo de ensayo las tarrinas con los tomates no fueron trasladados con movimientos bruscos y los tomates no fueron manipulados durante el ensayo.

En cuanto, a la observación de daños visibles INTA (2013), menciona que los daños pueden ser de origen climático, mecánico, entomológico, genético o fisiológico. Al no existir algún factor externo antes mencionado, los daños solo podían ser causados por microorganismos, pero, este tipo de daño no fue observado en ninguno de los tomates del ensayo. Esto pudo deberse a dos factores: en primer lugar, previo a realizar el ensayo se aplicó

a los tomates una solución antibacterial y antifúngica “Kilol” producto que pudo haber ayudado a mantener los tomates libres de microorganismos o en las películas con proporciones de albedo cítrico, éste pudo haber ayudado a evitar la entrada de microorganismos desde el exterior. Pues, como lo describe Bilgili *et al.*, (2014) el albedo de toronja tiene contenido fenólico de 8440,7 mg/kg, siendo este mayor a los cítricos de limón y naranja. Entre los compuestos fenólicos presentes se encuentran los flavonoides, los cuales tienen características antioxidantes, antimicrobianas, antifúngica y antiinfeccioso, Singh *et al.*, (2022).

En el análisis de firmeza el 60% de los tomates evaluados presentaron firmeza 3 “firme” (ver Tabla 37) el 34% firmeza 2 “blando” y el 6% Firmeza 4 “duro”, pero esta última solo en tomates de T1 y T4. En el análisis de apariencia la mayor proporción de tomates con el 60% se encontró en la escala 1 (ver Tabla 43), considerándose “no aceptable” siendo los tomates con el 100% de su cáscara arrugada; el 28% los tomates en apariencia 2 “medianamente aceptable” tomates que tenían entre el 25 y 50% de cáscara arrugada, mientras, el 12% los tomates en la escala 3 “aceptables comercialmente” donde se encontraban los tomates con menos del 20% de su cáscara arrugada, siendo mayor en tomates T1.

Estos cambios lo explican Ramos *et al.*, (2018) cuando las hortalizas y frutas son cosechadas las células se mantienen activas, por lo que continúan produciendo compuestos y la vez obtienen energía para la respiración, cuando este proceso aumenta los productos pueden deteriorarse e ir perdiendo su calidad. Al mismo tiempo, los tomates al ser frutos climatéricos experimentan alteraciones bioquímicas aceleradas como cambios de olor, color y aumento de azúcares lo cual cambia la apariencia y composición del tomate.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En la realización de películas comestibles a base de almidón de yuca, el utilizar almidón modificado por liofilización, permite obtener películas de mejor calidad con características que favorecen su uso y aplicabilidad como cubierta de tomates Cherry. Siendo, la película con contenido de 1% de albedo con mejores características, a la vez, permite mayor tiempo de vida útil entre las películas elaboradas de almidón de yuca.
- En la obtención de almidón de yuca de la variedad negra, se obtuvo un rendimiento aproximado del 24% siendo un buen rendimiento para este producto, a la vez, al ser modificado mediante el proceso de liofilización permitió realizar películas comestibles de calidad en conjunto con el albedo cítrico de toronja.
- En la caracterización de las películas, la película sin albedo (F1) posee 0,27 mm de espesor, 44,75% de humedad, 53,31% de solubilidad, 328,33% de elasticidad en cambio, la película con 0,5% de albedo (F2) tiene 0,41 mm de espesor, 44,02% de humedad, 62,66% de solubilidad, 79,44% de elasticidad; mientras la película con 1% de albedo (F3) 0,42 mm de espesor, 38,53% de humedad, 73,83% de solubilidad, 56,67% de elasticidad. En cuanto a la biodegradabilidad, todas las películas mostraron cambios significativos a los 9 días, siendo mayor en las películas con contenido de albedo (F2 y F3), además el cambio de peso en el tiempo de cada película depende de factores ambientales al no ajustarse los valores a alguna ecuación matemática.
- Considerando el 9% de pérdidas máximas para la vida útil del tomate, al utilizar papel film (T1) la vida útil fue de 15 días, empleando la película sin contenido de albedo (T2) la vida útil es de 12 días, en T3 con películas de 0,5% de albedo la vida útil es de 11 días y en T4 con cubierta de película con 1% de albedo vida útil de 14. En cuanto a las

propiedades físico químicas no se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de ácido cítrico entre los tratamientos, pero, el contenido de sólidos solubles °Brix de los tomates T1 presentaron mayores valores, seguido de T2 y T4.

Recomendaciones

- Al extraer almidón de yuca, en el proceso de sedimentación no dejar reposar tiempos prolongados, sino, el almidón poseerá cualidades no deseadas, a la vez, secar el almidón adecuadamente para que se mantenga inocuo durante su almacenamiento.
- En la obtención de harina de albedo de toronja utilizar licuadora para obtener el polvo, ya que, en molino se obtienen fracciones muy grandes.
- Para obtener películas con características similares al de este trabajo, emplear la composición y procedimiento detallados, además, previo a colocar las bandejas en la estufa, mantenerlas durante 8 horas a temperatura ambiente, para conseguir películas sin cuarteamientos.
- No utilizar mayores porcentajes de albedo en la composición de las películas, pues, en pruebas previas se observó que, a mayores cantidades, las películas se cuartean.
- Evaluar la funcionalidad de estas películas en otros alimentos y con diferentes características de almacenamiento.
- Realizar pruebas de inhibición microbiológica a las películas ensayadas.

Bibliografía

- Adjouman, Y., Nindjin, C., Tetchi, F., Dalcq, A., & Sindic, M. (2017). Water Vapor Permeability of Edible Films Based on Improved Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Native Starches. *Journal of Food Processing & Technology*, 08(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000665>
- Aguilar, E., Segreda, A., Saborío, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., Acuña, P., Torres, S., & Gómez, Y. (2017). *Manual del cultivo de yuca Manihot esculenta Crantz*. INTA, Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Alarcón, F., & Dufour, D. (1998). Almidón agrio. En *La yuca en el Tercer Milenio* (pp. 470–502). [Archivo PDF]. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/55257/capitulo26.pdf?>
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista Chilena de Nutrición*, 43(4), 394–399. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400009>
- Ancillo, G., & Medina, A. (2014). *Los Cítricos*. Jardín Botánico Universidad de Valencia. (pp. 11-63) <https://docplayer.es/53459645-Monografias-botanicas-los-citricos-gema-ancillo-alejandro-medina.html>
- Andrade, M. M., Tapia, D. R., & Menegalli, F. (2012). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. *Carbohydrate Polymers*, 88, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.12.024>
- Andrade, R., Ferreira, M., & Gonçalves, É. (2016). Development and Characterization of Edible Films Based on Fruit and Vegetable Residues. *Journal of Food Science*, 81(2), 412–418. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13192>

- Andrade, Y., Ferreira, S., Silva, N., Fernandes, M., Oliveira, J., Toledo, P., Martins, K., Soares, N., Rocha, G., Buranelo, M., & Pereira, M. (2020). Edible films of whey and Cassava starch: Physical, thermal, and microstructural characterization. *Coatings*, *10*(11), 1–8. <https://doi.org/10.3390/coatings10111059>
- Araujo, P., Podadera, G., Sobral, P., & Menegalli, F. (2010). Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. *Carbohydrate Polymers*, *81*(4), 839–848. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.03.051>
- Arce, M. (2009). Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. Boletín Técnico, *Serie Zoológica*, *8*(4–5), 126–128. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1422>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Aydogdu, A., Kirtil, E., Sumnu, G., Oztop, M. H., & Aydogdu, Y. (2018). Utilization of lentil flour as a biopolymer source for the development of edible films. *Journal of Applied Polymer Science*, *135*(23). <https://doi.org/10.1002/app.46356>
- Barco, P., Burbano, A., Mosquera, S., Villada, H., & Navia, D. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Lasallista de Investigación*, *8*(2), 96–103. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69522607011>
- Bersaneti, G., Mantovan, J., Magri, A., Mali, S., & Colabone, M. (2016). Edible films based on cassava starch and fructooligosaccharides produced by *Bacillus subtilis* natto CCT 7712. *Carbohydrate Polymers*, *151*, 1132–1138. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.081>
- Bilgicli, N., Aktas, K., & Levent, H. (2014). Utilization of citrus albedo in tarhana production. *Journal of Food and Nutrition Research*, *53*(2), 162–170.

<https://www.vup.sk/en/index.php?mainID=2&navID=34&version=2&volume=53&article=19>

22

Bolaños, M., Silva, E., Castelblanco, L., Bautista, L., Cruz, S., & Peña, A. (2020). *Yuca (Manihot esculenta Crantz): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Bogotá, Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA 2. http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/02-manual-yuca-2020-EBOOK.pdf

Bósquez, E. (2003). *Elaboración de recubrimientos comestibles formulado con goma de Mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/1900>

Caamal, I., Pereira, F., & Madera, T. (2011). Caracterización óptica y mecánica de películas comestibles a base de mezclas binarias de almidones de *Phaseolus lunatus* L, *Manihot esculenta* Crantz y *Zea mays* L. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 101–109. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808016>

Cobana, M. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*, 24(1), 77–83. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>

Colivet, J., & Carvalho, R. (2017). Hydrophilicity and physicochemical properties of chemically modified cassava starch films. *Industrial Crops and Products*, 95, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.018>

Contreras, M. (2021). *Elaboración de películas comestibles a partir de suero de leche fermentado por bacterias ácido lácticas* [Tesis de pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/15300>

- Cortés, M., Villegas, C., Gil, J. H., Rodríguez, P. E., & Ortega, R. (2020). Development and evaluation of edible films based on cassava starch, whey protein, and bees wax. *Heliyon*, 6(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04884>
- Costa, P., da Fonseca, S. E., Almeida, A., de Paula, P., dos Santos, R., Brasil, G., Sertorio, M., & Vasconcelos, C. (2021). Albedo flour of Tahiti lime (*Citrus latifolia* Tanaka) as a strategy to control bone fragility in ovariectomized rats. *Clinical Nutrition Open Science*, 37, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2021.03.003>
- De la Rosa, M., Wong, J., Muñiz, D., Carrillo, M., & Sánchez, J. (2016). Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (*Citrus paradisi*) y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(2), 22–35. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57956610003>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (n.d.). *Tomato Grades and Standards*. USDA. <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/tomato-grades-and-standards>
- Dhaka, R., & Upadhyay, A. (2018). Edible films and coatings: a brief overview. *The Pharma Innovation Journal*, 47(7), 331–333. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- Díaz, E., & Castro, R. (2021). Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods* (Vol. 10, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10020249>
- Dick, M., Pagno, C., Haas, T., Gomaa, A., Subirade, M., Ríos, A., & Hickmann, S. (2016). Edible films based on chia flour: Development and characterization. In *Journal of Applied Polymer Science*. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/app.42971>
- Durango, A., Soares, N., & Andrade, N. (2006). Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control*, 17(5), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.10.024>

- Escalona, V., Correa, J., & González, A. (2019). *Manejo Postcosecha de Tomates y pimientos frescos y de IV GAMA*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175675/Manejo-postcosecha-de-tomates-y-pimientos-fresco.pdf?sequence=1>
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Arturo, O., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57.
- Fernández, J., & García, T. (2020). *Predicción de la vida útil de los alimentos*. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”. <http://libreria.unellez.edu.ve/wp-content/uploads/2020/07/Prediccion-de-la-vida-util-de-los-alimentos.pdf>
- Flores, Z. (2016). *Desarrollo de emulsiones quitosano-carvacrol mediante homogenización por altas presiones y aplicación mediante aspersion electrostática sobre tomate cherry (Lycopersicon esculentum L.) para mantener su calidad en postcosecha*. [Tesis de maestría, Universidad de Bio-Bio]. <http://repopib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1663?mode=full>
- Fornaris, G. (2021). Cosecha y manejo postcosecha. En Cortés & Fornaris (Ed.), *Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate de Ensalada*. (pp.111-128). Universidad de Puerto Rico. <https://hdl.handle.net/20.500.11801/2968>
- Galus, S., & Kadzińska, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- García, C., Salcedo, J., & Alvis, A. (2018). Condiciones óptimas de la etapa de lixiviación en la extracción de almidón de yuca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1). <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.625>

- García, J., Zmbrano, M., Vargas, P., Muñoz, J., & Párraga, R. (2021). Native cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz) as a binding agent in the production of bologna type mortadella. *Manglar*, 18(1), 61–69. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.008>
- García, R. (2021). *Evaluación de la capacidad de adsorción de pb +2 con la cáscara de yuca del efluente ácido de mina a nivel de laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7469?show=full>
- García, R., Garay, P., Mendoza, A., & Ramírez, R. (2022). *Películas comestibles que recubran la uva verde (*Vitis vinifera*) a partir de la mezcla de almidón de camote (*Ipomoea batatas*) y de malanga (*Colocasia esculenta*) con plastificantes naturales*. <http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>
- González, P., Medina, C., Famá, L., & Goyanes, S. (2016). Biodegradable and non-retrogradable eco-films based on starch-glycerol with citric acid as crosslinking agent. *Carbohydrate Polymers*, 138, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.041>
- Gutiérrez, C., Soriano, P., & Torrejón, M. (2020). *Guía para la determinación de la útil de los alimentos*. FEDACOVA. https://www.icoval.org/images/todoguiasappcc/vida_util.pdf
- Gutiérrez, T. J. (2017). Effects of exposure to pulsed light on molecular aspects of edible films made from cassava and taro starch. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.014>
- Gutiérrez, T. J., Morales, N. J., Pérez, E., Tapia, M. S., & Famá, L. (2015). Physico-chemical properties of edible films derived from native and phosphated cush-cush yam and cassava starches. *Food Packaging and Shelf Life*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.09.002>
- Haghighi, H., Biard, S., Bigi, F., de Leo, R., Bedin, E., Pfeifer, F., Siesler, H., Licciardello, F., & Pulvirenti, A. (2019). Comprehensive characterization of active chitosan-gelatin blend films

- enriched with different essential oils. *Food Hydrocolloids*, 95, 33–42.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.019>
- Han, J. H. (2014). Edible Films and Coatings: A Review. In *Innovations in Food Packaging: Second Edition* (pp. 213–255). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00009-6>
- Hinostroza, F., Mendoza, M., Navarrete, M., & Muñoz, X. (2014). *Cultivo de yuca en el Ecuador*. INIAP. <http://www.agricultura.gob.ec/sinagap/>
- Iamareerat, B., Singh, M., Sadiq, M. B., & Anal, A. K. (2018). Reinforced cassava starch based edible film incorporated with essential oil and sodium bentonite nanoclay as food packaging material. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3100-7>
- Ibargüen, A., Pinzón, M., & Arbelaéz, L. (2015). Elaboración y caracterización de películas comestibles a base del gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L.). *Revista de Alimentos Hoy*, 23(36), 133–149. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/351>
- Inga, H., & López, J. (2001). *Diversidad de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/st028.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2013). *Postcosecha de Tomate*. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_n_1_-_cosecha_3.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2017). *Manual Técnico del cultivo de tomate Solanum lycopersicum* (L. López, Ed.). INTA, PRIICA & IICA. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3143>

- Jooyandeh, H. (2011). Whey Protein Films and Coatings: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(3), 296–301. <https://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2011.296.301>
- Kader, A., & Saltveit, M. (2003). Atmosphere Modification. In J. Bartz & J. Brecht (Eds.), *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Basel. <https://books.google.com.ec/books?id=0K3e2OXFzkcC&dq>
- Li, J. H., Miao, J., Wu, J. L., Chen, S. F., & Zhang, Q. Q. (2014). Preparation and characterization of active gelatin-based films incorporated with natural antioxidants. *Food Hydrocolloids*, 37, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.015>
- Lintang, M., Tandi, O., Layuk, P., Karouw, S., & Dirpan, A. (2021). Characterization edible films of sago with glycerol as a plasticizer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022070>
- Mariniello, L., Giosafatto, C., di Pierro, P., Sorrentino, A., & Porta, R. (2010). Swelling, mechanical, and barrier properties of albedo-based films prepared in the presence of phaseolin cross-linked or not by transglutaminase. *Biomacromolecules*, 11, 2394–2398. <https://doi.org/10.1021/bm100566j>
- Martín, J., & López, E. (2009). Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática por una Alfa amilasa. *Revista Colombiana de Química*, 38(3), 395–408. <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309026682005.pdf>
- Martínez, L., Ponce, M., & Castillo Priscila. (2011). *Uso y Evaluación de dos Aceites Esenciales (Canela y Clavo de Olor) para Control de las Pudriciones Fungosas y Determinación de la Vida Útil mediante Películas Protectoras Comestibles en Papaya (Carica Papaya C.v.Hawaiana)*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Técnica del Litoral]. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24438/1/Articulo%20Tesis_Carica%20Papaya%20C.v.Hawaiana.pdf

Mata, M., Vázquez, M., Higinio, N., & Hernández, D. (2016). Estudio comparativo de bio-recubrimientos a partir de Manihot esculenta y Phaseolus vulgaris empleadas como recubrimiento en uvas moradas. 2(5), 11–25. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*.

https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_2.pdf

McHugh, T., & Senesi, E. (2000). Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 65(3), 480–485. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16032.x>

Meneses, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2017). Conservación de yuca (Manihot esculenta) con película comestible a base de harina de cáscara de plátano. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería. Universidad Zulia*, 40(2), 105–112. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/22764>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (2015). *Mandioca 'Un alimento con potencialidad'*. MAGyP. Ministerio de agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/fichaspdf/Ficha_46_Mandioca.pdf

Morales, G., & Moreno, P. (2022). Envases activos. En L. Ortiz, F. Sandoval, G. Morales, & C. Arcila (Eds.), *Tecnologías Emergentes Aplicadas en Alimentos*. Ecorfan. <https://doi.org/10.35429/H.2022.1.1.83>

Moreno, P., & Gourdjji, S. (2015). *El almidón de yuca y su relación con las precipitaciones*. CCAFS. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/47416/retrieve>

Navarro, S. B. (2012). *Fisiología de Poscosecha*. UNI. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fisiologiaposcocsecha.pdf>

- Nguyen, D., Do, T. V. V., Grillet, A. C., Ha Thuc, H., & Ha Thuc, C. N. (2016). Biodegradability of polymer film based on low density polyethylene and cassava starch. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 115, 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.09.004>
- Nieto, G., Fernández, J., Pérez, J. A., Peñalver, R., Ros, G., & Viuda, M. (2021). Valorization of citrus co-products: Recovery of bioactive compounds and application in meat and meat products. In *Plants* (Vol. 10, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants10061069>
- Norma Técnica Colombiana. (1996). *NTC 1103-3 Tomate de Mesa. Almacenamiento y Transporte*. NTC. <https://tienda.icontec.org/>
- Nouraddini, M., Esmaili, M., & Mohtarami, F. (2018). Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 1639–1645. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.126>
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). *Productos vegetales y de frutas - determinación de la acidez titulable (IDT)*. NTE. INEN-ISO 750. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_750_extracto.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo - Alcance, causas y prevención*. Editorial FAO. <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>
- Park, H. (2003). Edible coatings. In Zeuthen P & Bogh L (Eds.), *Food preservation techniques*. CRC Press. <https://books.google.com.ec/books?id=PPGiAgAAQBAJ&num=20>
- Pavlath, E., & Orts, W. (2009). Edible Films and Coatings: Why, What, and How? In M. Embuscado & Huber K (Eds.), *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1>

- Pérez, E., & Pacheco, E. (2005). Almidones modificados de raíces y tubérculos tropicales. In *Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos*.
<https://www.researchgate.net/publication/230816189>
- Ramírez, J. (2006). *Liofilización de alimentos* (2 ed., Vol. 6, pp. 2-8). ReCiTelA.
<https://www.researchgate.net/publication/259620189>
- Ramírez, J., Aristizábal, I., & Restrepo, J. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae*, 172–183. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v20n3/v20n3a3.pdf>
- Ramos, E., & Martínez, S. (2016). *Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculentum) variedad guayape*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional 'Pedro Ruiz Gallo']. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/865>
- Ramos, M., Romero, C., & Bautista, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Razavi, S., Amini, A., & Zahedi, Y. (2014). Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. *Food Hydrocolloids*, 43, 290–298. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.028>
- Reales, J., Lara, J., & Díaz, L. (2016). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de películas comestibles de gel de aloe vera y almidón de yuca. *Vitae*, 23.
<https://www.proquest.com/openview/c2cb0b4cae44a460ee84da176e2b5ac2>
- Rivero, M., Quiroga, M., González, O., & Moraga, L. (2013). *Postcosecha de tomate-Control de calidad*. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_n_6_-_control_de_calidad.pdf

- Robertson, G. (2006). *Food Packaging Principles and Practice. Second Edition* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420056150>
- Romero, C., Bello, L., García, M., Martino, M., Solorza, J., & Zaritzky, N. (2005). Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. *Carbohydrate Polymers*, *60*(2), 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.01.004>
- Saavedra, G. (n.d.). *Tomate (Solanum lycopersicum L.)*. Boletín N° 411. INIA Carillanca. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6818/Capitulo%201.%20Tomate.pdf>
- Saavedra, N., & Algecira, N. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, 171–182. DOI:10.22490/24629448.448
- Sánchez, T., García, O., & Pinzón, M. (2012). Elaboración y caracterización de películas de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) variedad Ica cultivada en el Departamento de Quindió. *Vitae*, *19*(1), 426–429. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914134.pdf>
- Sandoval A, A. P., Farhat, I., & Fernández, A. Q. (2007). Comportamiento reológico de harinas y almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) durante un proceso de extrusión. *Vitae*, *14*(1), 6–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815390002>
- Shiku, Y., Hamaguchi, P., & Tanaka, M. (2003). Efecto del pH en la preparación de películas comestibles a base de proteínas miofibrilares de pescado. *Ciencias Pesqueras*, *69*, 1026–1032. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2003.00722.x>
- Siccha, A., & Lock, O. (1995). Liofilización. *Revista de Química*, *9*(2), 173–183. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/5565/5561>

- Singh, A. K., Kim, J. Y., & Lee, Y. S. (2022). Phenolic Compounds in Active Packaging and Edible Films/Coatings: Natural Bioactive Molecules and Novel Packaging Ingredients. *Molecules*, 27(21), 7513. <https://doi.org/10.3390/molecules27217513>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2023). *Información productiva territorial*. SIPA. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Solano, L. G., Alamilla, L., & Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 21, 30–42. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Sondari, D., Ningrum, R. S., Triwulandari, E., Nurhayat, O. D., Putri, R., Pramasari, D. A., & Restu, W. K. (2021). Characterization of biodegradable edible film based on cassava loaded with chitosan. *AIP Conference Proceedings*, 2331. <https://doi.org/10.1063/5.0041701>
- Sothornvit, R., & Krochta, J. M. (2000). Plasticizer effect on oxygen permeability of β -lactoglobulin films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 6298–6302. <https://doi.org/10.1021/jf000836l>
- Souza, A. C., Benze, R., Ferrão, E. S., Ditchfield, C., Coelho, A. C. V., & Tadini, C. C. (2012). Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature. *LWT*, 46(1), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.018>
- Suárez, J., Pérez, M., & Giménez, A. (2009). Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 9(1), 60–69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3293747>

- Suárez, L., & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Tendencias actuales. Cultivos Tropicales*, 32(3), 27-35. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v32n3/ctr04311.pdf>
- Tadeo, F. R., Moya, J., Domingo, M., Iglesias, D., Talón, M., & Primo-Millo, E. (2003). *Histología y Citología de Cítricos*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. <http://hdl.handle.net/20.500.11939/7713>
- Tapia, D., Sobral, P., & Menegalli, F. (2005). Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Food Engineering*, 67, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.054>
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P., & Rachtanapun, P. (2011). Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. *Chemistry Central Journal*, 5(6). <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-6>
- Torres, C., Vicente, A., Flores, M., Rojas, R., Serna, L., Alvarez, O., & Aguilar, C. (2018). Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach. *LWT-Food Science and Technology*, 97, 624–631. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.057>
- Tupa, M. (2019). *Modificación organocatalítica de almidón para la obtención sostenible de derivados de alto valor agregado*. [Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires]. <http://bibliotecadigital.fi.uba.ar/items/show/18281>
- Wu, H., Lei, Y., Zhu, R., Zhao, M., Lu, J., Xiao, D., Jiao, C., Zhang, Z., Shen, G., & Li, S. (2019). Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. *Food Hydrocolloids*, 90, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.016>

Zhou, Y., Wu, X., Chen, J., & He, J. (2021). Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 184, 574–583. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.067>