

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**EFFECTO DE UN RECUBRIMIENTO DE ALMIDÓN DE JÍCAMA Y
SUERO DE LECHE EN LA CONSERVACIÓN DEL CONTENIDO DE
ANTOCIANINAS EN FRESA (*Fragaria vesca L.*)**

Por:

LUZ ELENA RODRÍGUEZ GARIBAY

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila México.

Febrero 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Efecto de un recubrimiento de almidón de jícama y suero de leche en la conservación del contenido de antocianinas en fresa (*Fragaria vesca* L.)”

Por:

LUZ ELENA RODRÍGUEZ GARIBAY

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

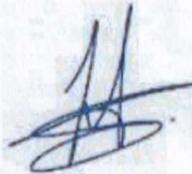
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobado por el comité de Asesoría:



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Director Interno



Dra. Josefina Porras Saavedra

Director Externo

Buenavista, Saltillo, Coahuila México.

Febrero 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Efecto de un recubrimiento de almidón de jícama y suero de leche en la conservación del contenido de antocianinas en fresa (*Fragaria vesca* L.)”

Por:

LUZ ELENA RODRÍGUEZ GARIBAY

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobado por el comité evaluador:

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Presidente

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Vocal

M.C. Sarahí del Carmen Rangel Ortega
Vocal Suplente

Dra. María Hernández González
Vocal

Dr. José Duñéz Alañís
Coordinador de la
División de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Febrero 2022.

Delación de no plagio

Yo **Luz Elena Rodríguez Garibay** bajo este documento oficial declaro que no se realizaron acciones que pueden señalarse como plagio, respetando las citaciones de los autores originales para reproducir material en este documento ante cualquier contexto: textos, graficas, imágenes etc.

Descrito lo anterior me responsabilizo de las consecuencias que conlleva el plagio, declarando que este documento es de mi autoría.

Presente



Luz Elena Rodríguez Garibay

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitas a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** la institución que me formo profesionalmente.

DE ANTE MANO LE DOY LAS GRACIAS A

A la Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez, primeramente por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, por facilitarme los recursos utilizados en esta investigación concluida.

A la Dra. Josefina Porras Saavedra por brindarme sus conocimientos implementados a este proyecto.

A la M.C. Sarahí del Carmen Rangel Ortega por brindarme su disponibilidad para aportar a dicha investigación.

A la Dra. Lluvia De Abril Alexandra Soriano Melgar, del Centro de Investigación en Química Aplicada por su apoyo en capacitación de técnicas analíticas.

Al personal del Departamento de Ciencia y Tecnología de

**Alimentos: T. A. LCQ Magdalena Olvera Esquivel y M.C. Alma Leticia
Martínez Herrera.**

**A mis amigas y amigos Antonia, Danery, Ali Montserrat, Tony,
Jorge, y Lucero** por su motivación, amistad y buenos momentos
compartidos.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Agradecimiento especial al Ing. Ignacio Gonzales Leal y
personas que laboran con el “**Rancho Guadalupe**” por su excelente
atención lugar del cual provenían los frutos para la realización de esta
investigación

En nombre de:

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Directora principal de tesis.

Dra. Josefina Porras Saavedra

Codirectora de tesis.

Luz Elena Rodríguez Garibay

Tesista de la Carrera de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

DEDICATORIAS

Este logro se lo dedico a mis padres y hermanos por hacer esto posible, especialmente a mi hermana Ofelia Rodríguez Garibay por su apoyo incondicional, Eternamente gracias.

Gracias a Dios, a la vida por brindarme esta oportunidad

“No busques los errores, busca un remedio” - Henry Ford.

“El secreto de tu éxito está determinado por tu agenda diaria”

John C. Maxwell.

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURA	xii
RESUMEN	1
CAPITULO I	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 JUSTIFICACIÓN	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 HIPÓTESIS	5
CAPITULO II	6
REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Fresa (<i>Fragaria vesca</i> L.)	6
2.2. Características de la fresa que determinan su calidad	7
2.2.1 Color del fruto	7
2.2.2 Firmeza	8
2.2.3 Índice de respiración	9
2.2.4 Madurez	10
2.2.5 Acidez	11
2.2.6 Sólidos totales	11
2.2.7 Valor nutricional	11
2.2.8 Características morfológicas.	12
2.2.9 Antioxidantes en Fresa	13
2.2.10 Vitamina C	13
2.2.11 Fenoles	14
2.2.12 Vitamina E	14
2.3 Métodos de conservación de la fresa	15
2.4 Proteínas	16
2.4.1 Suero de leche	16

2.5 Vida de Anaquel de Alimentos	17
2.6 Factores que modifican la vida de anaquel de los alimentos.	18
2.6.1 Temperatura	18
2.6.2 Humedad relativa	18
2.6.3 Oxígeno	19
2.6.4 Luz	19
2.7 Procesos de deterioro de los alimentos	20
2.7.1. Descomposición Biológica.....	20
2.7.1.1 Microorganismos alterantes	21
2.7.1.2 Microorganismos patógenos	23
2.7.2 Descomposición Química	24
2.7.2.1.1 Pardeamiento	25
2.7.2.1.2. Rancidez	26
2.7.2.1.3. Oxidación de lípidos	26
2.7.2.2 Encafecimiento no enzimático	26
2.7.2.2.1 Reacción de Maillard	27
2.7.2.2.2 Caramelización	27
2.7.2.2.3 Oxidación del ácido ascórbico	27
2.7.3 Descomposición Física	28
2.7.3.1. Pérdida de humedad	28
2.7.3.2 Ganancia de humedad	29
2.7.3.3 Fluctuaciones de temperatura	30
2.7.3.3.1 La fusión de grasa	30
2.7.3.3.2 Velocidad de congelamiento	30
2.7.3.3.3 Cambio de viscosidad por efecto de la temperatura	31
2.7.3.3.4 Desestabilidad de emulsiones	31
2.7.3.3.5 Congelado y calidad de productos	31
2.7.3.3.6 Congelación de frutas.	32
2.7.3.3.7 Magullamiento	32
2.8.1. La permeabilidad al vapor de agua	34
2.8.2. Solubilidad	35
2.8.3 Opacidad	36
2.9. Estimación de la vida de anaquel	36

2.9.1 Determinación directa	36
2.9.2 Método acelerado	37
2.10. Cinética del Deterioro en Alimentos	37
2.10.1 Reacción de orden cero.	38
2.10.2 Ecuación de Arrhenius (efecto de la temperatura)	39
2.10.3 Gráfica de Vida Útil	42
2.10.5 Factor Q ₁₀	43
CAPITULO III.....	46
MATERIALES Y METODOS	46
3.1 Materia prima	47
3.3 Tratamiento 1	48
3.4 Tratamiento 2	50
3.5 Acondicionamiento de la fruta	50
3.6 Aplicación del recubrimiento comestible	51
3.5 Medición de las propiedades mecánicas	52
3.5.1 Medición de la permeabilidad al vapor de agua.	52
3.5.2 Medición de elongación	53
3.5.3 Opacidad	54
3.5.4 Solubilidad	54
3.7 Medición de propiedades Fisicoquímicas de la Fresa	55
3.7.1 Color	55
3.7.2 Firmeza	55
3.7.3 Medición de Antocianinas	56
CAPITULO IV	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1. Parámetros mecánicos	64
4.2 Parámetros de calidad.....	71
V. CONCLUSIONES	73
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74
ANEXO I Análisis Estadístico de las Propiedades Físico – Mecánicas de Recubrimientos comestibles.....	81
ANEXO I Análisis Estadístico de las Propiedades Físicas y Bioquímicas de Fresa ...	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasa de respiración de frutos rojos	9
Tabla 2. Composición de la fresa	12
Tabla 3. Contenido de vitamina C en diversas frutas	14
Tabla 4 .Contenido de vitamina E en varias frutas	15
Tabla 5. Recubrimientos aplicados en fresa	15
Tabla 6. Las proteínas usadas para la formulación de recubrimientos comestibles ..	16
Tabla 7 .Factores que afectan la calidad de los productos hortofrutícolas	20
Tabla 8. Factores intrínsecos y extrínsecos que afectan al deterioro de los alimentos..	20
Tabla 9. Clasificación de los cambios indeseables que ocurren en los alimentos.....	22
Tabla 10. Causas y efecto del deterioro de los alimentos.....	24
Tabla 11.Cambios de la calidad de algunos alimentos debido a la transferencia de humedad o/y vapor de agua.....	28
Tabla 12. Valores mínimos de actividad de agua para el crecimiento de microorganismos de importancia en alimentos.	30
Tabla 13. Agentes causantes del deterioro de alimentos	33
Tabla 14. Reactivos, Materiales y Equipo Utilizado.....	46
Tabla 15. Formulación de recubrimientos para el uso en fresa.	48
Tabla 16.Formulación de recubrimientos comestibles para uso en fresa.	58
Tabla 17. Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el parámetro de firmeza (N) evaluados a una $H_{rel}=60\%$	66
Tabla 18. Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para los parámetros L, a^* , b^* evaluados a una $H_{rel}=60\%$	69
Tabla 19.Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el parámetro de (ΔE) evaluados a una $H_{rel}=60\%$	71
Tabla 20.Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el contenido de Antocianinas Totales evaluadas a una $H_{rel}=60\%$	72

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Morfología de la planta de fresa y fruto de fresa	6
Figura 2. Coloración de la fresa	8
Figura 3. Firmeza de fresa	8
Figura 4. Figura 5. Tasa de respiración de frutos rojos.	10
Figura 6. Flor de fresa polinizada I, Fresa verde II, Fresa variando de color III, Fresa madura IV. (INFOAGRO, 2018)	10
Figura 7. Formula del ácido cítrico	11
Figura 8. Formula de la fructosa, sacarosa y glucosa.	11
Figura 9. Variedades de la fresa	13
Figura 10. Cambios de textura en los productos hortofrutícolas.	28
Figura 11. Gráfica de la vida de anaquel	42
Figura 12 Gráfica empleada para obtener el Q_{10}	44
Figura 13. (a) Fresa recién cosechada, (b) suero de leche, (c) almidón de jícama	47
Figura 14: Preparación del recubrimiento comestible.	49
Figura 15: Acondicionamiento de la fruta.	50
Figura 16. (i) Desinfección de fresa, (ii) Fresa limpia	51
Figura 17 (i) Solución de almidón con proteína y sin proteína, (ii) aplicación de recubrimiento, (iii) fresa en la cámara climática.	51
Figura 18: Medición de permeabilidad al vapor de agua.	52
Figura 19: Medición de elongación	54
Figura 20: Medición de firmeza y color	56
Figura 21: Medición de antocianinas	57
Figura 22. Permeabilidad al vapor de agua de recubrimientos comestibles con diferente composición.....	59

Figura 23. Porcentaje de solubilidad de recubrimientos comestibles con diferente composición.	61
Figura 24. Grado de opacidad de recubrimiento comestibles con diferente composición.	62
Figura 25. Propiedades físicomecánicas de recubrimientos comestibles con diferente composición (a) % de Elongación, (b) Modulo de Young.	63
Figura 26. Evaluacion de Firmeza (N) de fresa con y sin recubrimiento a diferentes Femperaturas y 60 % de humedad relativa.	65
Figura 27 Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el parámetro de Firmeza (N) evaluados a una $H_{rel}=60\%$	66
Figura 28 .Variación de los parámetros de color L, a^* , b^* de fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas: (a) 25°C, (b) 35°C, (c) 45°C.	68
Figura 29. Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para los parámetros L, a^* , b^* evaluados a una $H_{rel}=60\%$	69
Figura 30. Variación de ΔE^* en fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas: (a) 25°C,(b) 35°C, (c) 45°C	70
Figura 31 Variación del contenido de antiocianinas totales en fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas:(a) 25°C, (b) 35°C.	72

RESUMEN

En el mundo se estima un 20% de pérdidas pos-cosecha de productos hortofrutícolas, siendo la fresa altamente perecedera debido a daños mecánicos, deterioros fisiológicos, pérdidas de agua, enfermedades fúngicas, empaques no apropiados y alta tasa de respiración. Actualmente existen métodos alternos que prolongan la vida útil de los alimentos como lo son las películas o recubrimientos comestibles a base de polisacáridos, proteínas y lípidos o su combinación.

El presente trabajo muestra el efecto de dos recubrimientos comestibles elaborados, uno a base de almidón de jícama, y el otro, a base de una mezcla de este polisacárido y proteína de suero de leche en las propiedades físicas y bioquímicas de la fresa. Las formulaciones utilizadas fueron dos, una con un 4 % de almidón y la otra con un 2% de almidón más 2% de proteína, ambas con las mismas cantidades de los siguientes ingredientes: glicerol (1.71%), aceite de maíz (1%) como fuente lipídica, Tween 80 (0.1%) como emulsificante y como antimicrobianos ácido sórbico y benzoato de sodio con una concentración de 0.05%. Dichos recubrimientos fueron caracterizados mediante pruebas de barrera y fisicomecánicas, tales como la permeabilidad al vapor de agua, la solubilidad, la opacidad, el % de elongación y el módulo de Young.

Posteriormente, ambos recubrimientos fueron colocados en fresa, evaluando propiedades físicas y bioquímicas del fruto, tales como la firmeza, el color y el contenido de antocianinas. Tales propiedades fueron evaluadas a tres temperaturas (25°C, 35°C y 45°C) con una humedad relativa de 60%, evaluando la vida de anaquel del fruto modelo a partir del método Q_{10} .

Los resultados de la caracterización de los recubrimientos indicaron que el que presentó mejor comportamiento mecánico (mayor grado de flexibilidad y elongación) fue el elaborado con la mezcla de almidón y proteína, presentando además una menor solubilidad y opacidad, aunque una permeabilidad del vapor de agua semejante a la del recubrimiento elaborado únicamente con el polisacárido. Mientras que los parámetros de calidad evaluados en la fresa mostraron mayor estabilidad en presencia de ambos recubrimientos, comparados con la muestra testigo.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente algunos estudios muestran que la pérdida pos-cosecha de frutas y hortalizas frescas representa un 25% del total, siendo más susceptibles a la descomposición microbiológica por microorganismos patógenos (Cagri y col., 2004). El sabor, color, textura, apariencia y nutrimentos de los alimentos pueden verse afectados gravemente por no mantener una temperatura y humedad relativa adecuada estos factores afectan directamente la respiración y transpiración de las frutas y hortalizas. Una alta temperatura modifica la velocidad de respiración produciendo niveles altos de etileno y dióxido de carbono. Después de cosechar los productos hortofrutícolas es recomendable llevar a cabo acciones para reducir las pérdidas pos-cosechas, como lo son el control de temperaturas y humedad relativa, atmósferas (contenido de oxígeno y dióxido de carbono), limpieza, encerado y uso de empaques adecuados (Bico y col., 2009).

Divulgaciones científicas han mostrado que la ingesta de frutas y verduras disminuyen el riesgo de padecer algún tipo de cáncer, el alto contenido de fibra que se encuentra en frutas y verduras ayudan a mejorar el 31% de un riesgo de cardiopatías isquémicas. Además que el consumo de una dieta que incluye frutas y verduras es muy rica en nutrientes y vitaminas que benefician a mantener una vida saludable y la prevención de enfermedades durante las etapas de la vida (Jacoby y Keller, 2006). Por lo anterior es de suma importancia el aprovechamiento de estos alimentos, evitando o reduciendo su pérdida pos-cosecha.

La fresa o frutilla conocida comúnmente, con su nombre científico *Fragaria L.*, y de la familia *Rosaceae*, su cultivo tiene una gran demanda en todo el mundo por parte de productores agrícolas y las personas que consumen este fruto. En nuestro país, México, los principales productores de fresas son los estados de Baja California y Michoacán. El aroma, sabor exquisito, la gran cantidad de vitaminas, minerales y ácidos orgánicos que actúan como desinfectantes y desinflamatorios los cuales producen una disminución del colesterol son el atractivo de este fruto (SAGARPA, 2006).

La industria de alimentos busca preservar la vida de anaquel de estos, por lo que- una tecnología que se usa con buenos resultados es la aplicación-de películas comestibles (PC) o recubrimientos comestibles (RC) formulados a base de biopolímeros los cuales pueden ser carbohidratos o ser de naturaleza proteica o a combinación de ambos. Los PC Y RC actúan como una matriz semipermeable en la superficie de los alimentos para controlar la respiración, la pérdida de humedad y proporcionar otras características de calidad, prolongando su vida de anaquel (Eissa, 2007).

Palabras claves: *Recubrimientos, Vida de Anaquel de Fresa, Propiedades Físicas Antocianinas.*

1.1 JUSTIFICACIÓN

El índice de enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer son muy altos en la actualidad debido a la falta del consumo de alimentos sanos con un aporte nutricional adecuado. En muchos de los casos las personas con un ritmo de vida acelerado tienden a consumir alimentos semi-procesados o altamente procesados en ocasiones elevado contenido de azúcar y grasa saturada en grandes cantidades lo que las lleva a presentar sobrepeso y las enfermedades crónicas mencionadas anteriormente.

Informes de la OMS y la FAO recomiendan que la ingesta mínima de frutas y verduras es de 400g/día para reducir algún riesgo de padecer algún tipo de enfermedades (Mardones, 2009).

La fresa fruto de origen mexicano el cual posee gran atractivo como su alto contenido de vitamina C, compuestos bioactivos, minerales, carotenoides y flavonoides, contribuyendo a la economía mexicana. Además numerosas evidencias científicas muestran que los frutos rojos por su alto contenido de fenoles ejercen beneficios para la salud humana (Fonseca, 2015).

La fresa es un fruto no climatérico lo que conlleva a su alta de respiración con grandes pérdidas pos-cosecha, los daños más relacionados al pérdidas son producidos durante la cosecha, transporte, temperatura inadecuado y empaques no apropiados, además este fruto no escapa del riesgo en la pérdida de sus características organolépticas (Núñez, 2012)

Por tales motivos, el fruto modelo de este estudio fue la fresa y el efecto de un recubrimiento comestible a base de almidón de jícama y proteína proveniente del suero de leche para ser aplicado en fresa recién cosechada para avaluar su vida útil en términos de compuestos antioxidantes como son las antocianinas y parámetros físico como el color y la textura del fruto, manteniendo los parámetros de calidad aceptables para su adecuado consumo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de recubrimientos comestibles en el contenido de antocianinas y parámetros como el color y la textura en fresa.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Caracterizar los recubrimientos elaborados con almidón de jícama y suero de leche en función de sus propiedades mecánicas y de barrera y de vapor de agua.
- II. Aplicar los recubrimientos en el fruto y evaluar sus propiedades fisicoquímicas tales como el contenido de antocianinas el color y la textura.
- III. Determinar la vida de anaquel del fruto en función del contenido de antocianinas.

1.3 HIPÓTESIS

Los recubrimientos elaborados a partir de almidón de jícama y suero de leche favorecen la conservación del contenido de antocianinas de la fresa, así como la reducción en la velocidad de deterioro del color y la textura del fruto.

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Fresa (*Fragaria vesca* L.)

Las frutas tienen importancia relevante en la dieta humana ya que contienen nutrientes esenciales en gran proporción en comparación con otros alimentos. La fresa perteneciente a la familia de las rosáceas, tienen dos zonas de procedencia, una en Europa, específicamente de los Alpes europeos, y otra en Sur América en Chile” no se tiene un lugar específico (Fonseca, 2015). Es un fruto muy apetecido para consumir en fresco o procesado en mermeladas, jugos y postres, entre otros productos. Dentro de las más de 160 especies del género *Fragaria* se puede mencionar el híbrido resultante del cruce de *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana*, dando como resultado *Fragaria ananassa*, nombre con el que se conoce todas las variedades de fresa (Carmona, 2009).

La fresa o frutilla es una planta perteneciente de la familia de las rosáceas, comestible, con tallos rastreros, con estolones, hojas vellosas y flores blancas o amarillentas (Torres R. M., 2015) además posee una roseta basal de donde surgen hojas y los tallos florales, ambos de la misma longitud, estos últimos no presentan hojas.

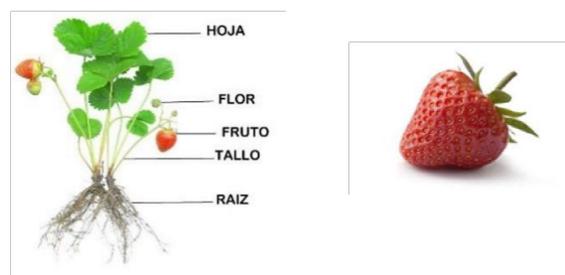


Figura 1 Morfología de la planta de fresa y fruto de fresa
(Juscafresa, B,1983)

El valor otorgado a la fresa es debido a que posee excelentes propiedades organolépticas, pero esto pueden verse afectado por alteraciones debido a la acción de microorganismos contaminantes o a reacciones producidas por enzimas del propio

alimento, dada las oportunidades que la fresa tiene para deteriorarse constituye un problema para los productores y la industria alimentaria (Beltrán Alban, 2010).

2.2. Características de la fresa que determinan su calidad

Los componentes de calidad pueden ser sensoriales o nutricionales, existen características físicas y químicas en los productos alimenticios que nos sirve para saber en el estado se encuentra un alimento, factores que influyen en el consumo de alimentos para conocer el aporte a nuestra salud. En las frutas dichas características son de gran importancia, uno de los ejemplos claros son el color y la rigidez de una fruta (Kays, 2004).

2.2.1 Color del fruto

El color del fruto es una característica que va como resultado del desarrollo y maduración del fruto, los cambios son notables en cuanto a la pigmentación. Los cambios de pigmentación pueden ser favorables o en algunos de los casos no por el hecho de afectar las características fisicoquímicas, para la fresa el contenido de antocianinas es resultado de los cambios de pigmentación una característica deseable en el fruto, pero estos compuestos hidrosolubles son inestables y se degradan con facilidad (Kader, 2002).

Vignoni et al (2006) cita que el color en la fresa indica el estado de madurez. El índice de color depende de la coloración de la epidermis de la fruta, que permite seguir la evolución de la maduración.

En la fresa el color natural en estado maduro es rojo y solo dos variedades maduran con un color blanco. Su pulpa es de color blanco, pero también puede ser rojizo de acuerdo a la variedad. Su textura es suave con firmeza moderada firmeza a alta firmeza.



Figura 2. Coloración de la fresa
(Alija, 2021)

2.2.2 Firmeza

La firmeza de los productos hortofrutícolas es una propiedad que se ve afectada directamente en tiempo de pre-cosecha y pos-cosecha, durante el transporte y almacenamiento, en donde ocurre la degradación de la celulosa y pectina componentes que están en las paredes celulares, las cuales ayudan a acelerar el estado de maduración de los frutos, las enzimas responsables de la maduración son la celulasa, pectinmetilesterasa y pectinas (Herrera, 2010)



Figura 3. Firmeza de fresa
(Alija, 2021)

La firmeza y el color van relacionados para poder medir la vida útil de un alimento de igual forma indican el grado correcto de maduración de un alimento, mostrarán los cambios que tienen los alimentos en el momento que son estudiados (Ciro *et al.*, 2008).

La fórmula para calcular el color:

Ecuación 1:

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

L=luminosidad a*=coordenadas

rojo/verde b*=coordenadas

amarillo/azul

2.2.3 Índice de respiración

Kader (2002) cataloga la fresa como un fruto con alta respiración, y lo relaciona con la tasa de deterioro del fruto cosechado. Este fruto se clasifica como no climatérico, ya que carece de un pico de respiración alto en su maduración, pero Wills *et al.*, (2007) consideran que este concepto es arbitrario, teniendo en cuenta que por lo general la respiración de la fresa es alta.

Tabla 1. Tasa de respiración de frutos rojos.

Tasa de respiración MI de CO ₂ /kg*h				
Temperatura	Fresa	Frambuesa	Arándano	Zarzamora
0	10	12	3	11
10	50	49	8	31
20	100	100	34	78

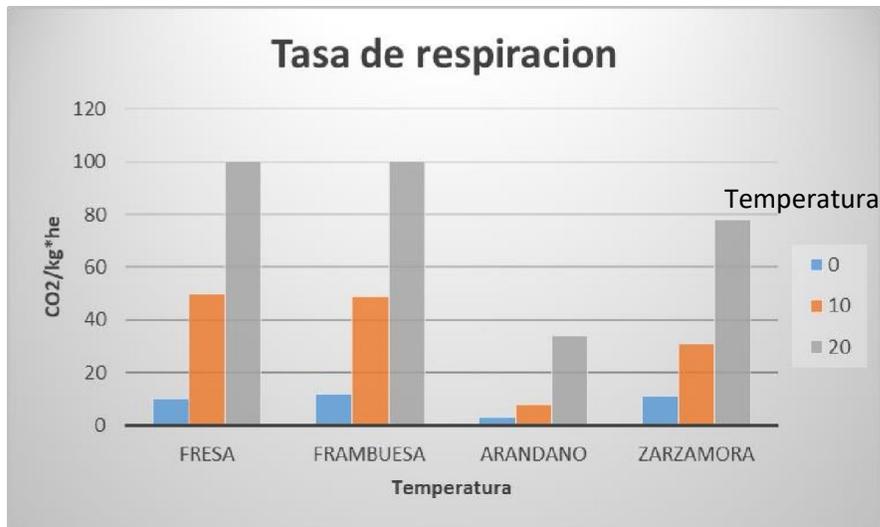


Figura 4. Tasa de respiración de frutos rojos.
(INFOAGRO, 2018)

2.3.4 Madurez

El contenido de azúcares y ácidos orgánicos está relacionado con la maduración de la fresa, momento ideal para la cosecha característica que indica la calidad (Veazie, 1995). En el estado de maduración hay un incremento de los azúcares simples, ácidos orgánicos y fenoles que contribuyen a la dulzura (Salunkhe D. K., 1991). El estado de maduración de la fresa concluye de 30 a 40 días después de la fase de expansión de la flor momento en el cual también ocurren los cambios de color, sabor y textura en el receptáculo, el estado de maduración debe ocurrir ya que es un fruto no climatérico y si es desprendido antes de la maduración las propiedades organolépticas se ven afectadas (Dennis, 1984).

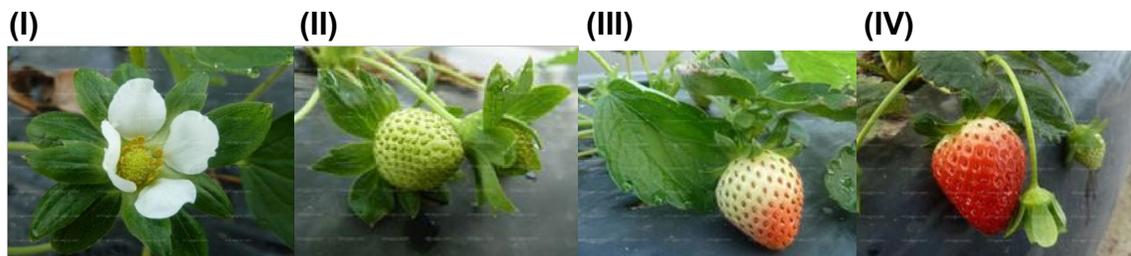


Figura 5. Flor de fresa polinizada I, Fresa verde II, Fresa variando de color III, Fresa madura IV. (INFOAGRO, 2018)

2.2.5 Acidez

Según (Pandey, 2008), las principales moléculas presentes en las frutas durante su fase de llenado, y antes del inicio de la maduración, son los ácidos orgánicos. En el caso de la fresa, el principal es el ácido cítrico, que muestra una concentración máxima en los estados más verdes del fruto (Wills, *et al*, 2007).

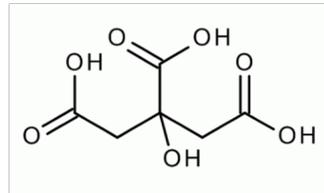


Figura 5. Formula del ácido cítrico
(Bolivar, 2018)

2.2.6 Sólidos totales

El componente principal de la fresa son los azúcares entre los que encontramos la fructosa, sacarosa y glucosa responsables de determinar los grados Brix, el contenido de sólidos totales dependerá de la época y región de donde fueron cultivados, en la fresa una característica de calidad es el contenido de sólidos totales. (Infoagro, 2020).

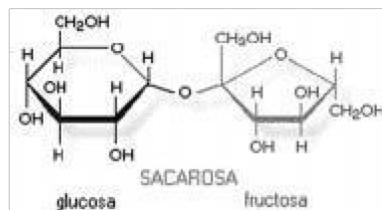


Figura 6. Formula de la fructosa, sacarosa y glucosa.
(Aguilar, 2006)

2.2.7 Valor nutricional

Tras el agua, su principal componente son los hidratos de carbono, la mayoría simples como la fructosa, por lo que su valor calórico es bajo. Destaca su aporte de fósforo y en lo que a vitaminas se refiere, además contiene una cantidad moderada de vitaminas A, vitamina C. Entre los minerales, se destaca por su contenido de potasio, que es un mineral indispensable para el sistema nervioso y para la actividad muscular (Torres, 2012).

Tabla 2. Composición de la fresa

Componente	Contenido en 100g	Componente	Contenido en 100g
Kilocalorías	32	Magnesio	12gm
Agua	98,9%	Vitamina A	5µcg
Proteína	0,7mg	Vitamina C	60mg
Gracias	0,5mg	Vitamina E	0,23mg
Carbohidratos	6,9%	Fósforo	27mg
Fibra	4g	Fenoles totales	58-210mg
Potasio	190mg	Antocianinas totales	55.145mg

Valores nutricionales de la fresa en 100g de producto. (Asohofrucol; Bonilla 2010)

2.2.8 Características morfológicas.

Presentan un sistema radicular fasciculado, compuesto por raíces y raicillas. Las primeras presentan un tejido vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de éste, son de color más claro y tienen un periodo de vida corto (de algunos días o semanas). Estas raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico, aunque influenciado por factores ambientales, patógenos de suelo, etc. Los tallos presentan un eje corto de los cuales pueden nacer nuevos tallos, mientras que las hojas tienen un largo peciolo que une las hojas con la base foliar, tiene tres folios en su limbo. Las flores se pueden ver desarrolladas a partir de una yema terminal de la corona o de yemas axilares presentes en las hojas, los frutos de fresa como son pequeños aquenios con un color oscuro dispuesto en el engrosamiento del receptáculo (INFOAGRO, 2021).



Figura IIV *F.vesca* I



F.Chilensis II



F. Virginiana III



F. Moschata IV *F.Indica* V

Figura 7. Variedades de la fresa
(Alija, 2021).

2.2.9 Antioxidantes en Fresa

La fresa tiene gran contenido de compuestos fenólicos como antocianinas, pelargonidina, flavonoides, quercetina, proantocianidinas procianidina, elagitaninos agrimoniin, glucósidos del ácido elágico y conjugados del ácido cinámico (hexosa coumaroil y glucosa cinamoil). La fresa también es de gran interés por su alto contenido de vitamina C, que junto con los polifenoles le confieren un gran poder antioxidante que puede ser benéfico para la salud, potencial que ha sido evidenciado en diversas investigaciones (Chordi, 2013).

Las fresas son una fuente importante de ácido elágico, y además poseen un alto contenido en ácidos p-cumárico y p-hidroxibenzoico. Del grupo de los estilbenos, el compuesto más estudiado es el resveratrol, fitoalexina con carácter antiinflamatorio, protector cardiovascular y que participa en la profilaxis del cáncer. (Chordi, 2013).

2.9.10 Vitamina C

La vitamina C por su propiedades favorece la absorción de hierro a nivel intestinal, regenera la forma oxidada de la vitamina E y como antioxidante neutraliza el oxígeno singlete y captura radicales hidroxilo (Oxilia, 2014) disminuyendo los daños oxidativos

de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos causados por especies de oxígeno reactivo, que incluyen los radicales libres que es un fenómeno continuo con implicaciones en el envejecimiento y la carcinogénesis (Couto, 2010) Estudios indican que la vitamina C puede impedir mutaciones en el ADN humano, y a altas concentraciones puede reducir mutaciones causadas por el estrés oxidativo en células humanas in vitro (Silva, 2011).

Tabla 3.Contenido de vitamina C en diversas frutas

Fruta	Valor nutricional por cada 100 g
Guayaba	228 mg
Kiwi	93 mg
Fresa	80 mg
Durazno	75 mg
Naranja	78 mg

(Fernandez, 2021)

2.2.11 Fenoles

Los fenoles de las fresas protegen contra enfermedades inflamatorias, tales como la osteoartritis, el asma y la aterosclerosis, mediante la inhibición de la enzima ciclooxigenasa de la misma forma que lo hace la aspirina y el ibuprofeno. De hecho, las fresas contienen pequeñas cantidades de ácido salicílico, uno de los componentes principales de la aspirina.

2.2.12 Vitamina E

La vitamina E es un compuesto de naturaleza fenólica funciona principalmente como un antioxidante que rompe la cadena que impide la propagación de la peroxidación lipídica. Durante los procesos metabólicos se producen constantemente radicales libres tóxicos, y la vitamina E es capaz de captar estos compuestos y metabolizarlos, por lo que protege las membranas celulares. La vitamina es un eliminador de radicales peroxilo y protege especialmente ácidos grasos poliinsaturados

(PUFA) dentro de los fosfolípidos de membrana y en las lipoproteínas del plasma (Burton, 1983).

Tabla 4 Contenido de vitamina E en varias frutas

Fruta	Valor nutricional por cada 100g
Almendra	24.5
Mango	1.6
Fresa	2.0
Frambuesa	0.2

Mathew J (2000).

2.3 Métodos de conservación de la fresa

Existen varios métodos para la conservación de los alimentos, sea frescos, secos, semi-procesados y procesados, las industrias buscan alternativas para no ocasionar pérdidas. En las frutas se emplean recubrimientos comestibles para conservarlos o el uso de la refrigeración que es un método que retarda la oxidación de los frutos y usa temperaturas más altas que la congelación (Borja, 1983).

Tabla 5. Recubrimientos aplicados en fresa

Recubrimiento a base de	Resultados obtenidos	Referencia
Alginato de sodio y aloe vera	Mayor retención de parámetros de calidad (menor pérdida de peso, mayor firmeza, mayor retención del color)	(García-Figueroa1, 2019)
Almidón de yuca y proteína aislada	Mejoramiento de propiedades mecánicas, a gran escala la opacidad.	(Nataly Saavedra H1, 2021)
Gelatina ,glicerol, tween, ácido cítrico y glucosa	Mantiene acidez y pH, sin alterar los características sensoriales	(Valencia, 2015)
Quitosan de chera x quadricarinatus	Mejoramiento de las propiedades sensoriales	(Zamarrón, 2014)

Almidón de jícama	Se muestra que el color de la fresa al incorporar el recubrimiento no se ve afectado junto a la firmeza.	(Sosa, 2016)
-------------------	--	--------------

2.4 Proteínas

Las proteínas se clasifican por su composición química, estructura, sensibilidad y solubilidad, además las proteínas tiene una específica función de acuerdo a estructura, si la estructura se ve afectada perdería su funcionalidad (Guillén, 2009).

Tabla 6. Las proteínas usadas para la formulación de recubrimientos comestibles

Proteína de origen animal	Propiedades
Caseína	Dan como resultado recubrimientos transparentes, flexibles y de naturaleza blanda
Proteína aislada de suero lácteo	Muestran recubrimientos de gran facilidad, necesitan de plastificantes
Colágeno	Buena barrera a los gases y propiedades mecánicas, recubrimientos flexibles
Proteína de origen vegetal	Propiedades
Zeína	Buena las vapor al vapor de agua y mejoramiento a propiedades mecánicas
Proteína de soya	Mayor elasticidad, buenas propiedades mecánicas y aumento a la resistencia

(Gunnerson y Brun, 1990).

2.4.1 Suero de leche

El suero de leche tiene está constituido principalmente por β -Lactoglobulina (β Lg) y α -Lactoalbumina (α -La) siendo las proteínas que lo hacen una fuente funcional, por alto contenido proteico, valor nutricional, solubilidad variable en agua y aptitud como

agente emulsionante. Dicha fuente es ideal, sin embargo es necesaria la previa desnaturalización de la β -Lg y la α -La, para exponer los grupos sulfhidrilo (-SH) y disulfuro (S-S) encubiertos en el centro hidrofóbico de la estructura globular terciaria nativa de estas proteínas (Monahan, McClement, & Kinsella, 1993).

2.5 Vida de Anaquel de Alimentos

La vida en anaquel puede ser definida generalmente como el período de tiempo seguido a la cosecha, producción o manufactura, sobre el cual el alimento mantiene la calidad requerida y debe ser apto para su consumo (Tung, Brito, & Yada, 2001). Labuza (1982) indica que dicho nivel comestible aceptable desde el punto de vista de seguridad y organoléptica depende de cuatro principales factores, nombrando formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento.

Cita (Steele, A, & K., 2006), que una manera de estudiar la vida de anaquel es de manera acelerada con una ventaja de obtener los datos con más aceptable exactitud a comparación con otros métodos que podrían durar más tiempo.

Los factores fundamentales que influyen en la vida de anaquel de un producto alimento son la formulación, el procesamiento al que son sometidos, el empaque y las condiciones de almacenamiento.

- a) *Formulación*: asegura la integridad de los alimentos con su propósito de vida útil en base a las materias primas e ingredientes funcionales que son requeridas para la formulación del alimento. Con respecto a la vida de anaquel, los factores claves incluyen contenido de humedad, actividad de agua (A_w), pH y adición de preservativos, antimicrobianos y antioxidantes.
- b) *Procesamiento*: mostrara cambios físicos y químicos deseables para el alimento final por materias primas e ingredientes que sean capaces de minimizar las condiciones desfavorables o deteriorativas indeseables.

c) *Empaques y condiciones de almacenamiento*: los factores que juegan un papel muy importante son: la humedad relativa (%HR), presión, esfuerzos mecánicos, luz y temperatura dichos factores van a depender directamente del empaque y las condiciones de almacenamiento. La calidad y seguridad de los alimentos tienen estas variables (Labuza, 1993).

2.6 Factores que modifican la vida de anaquel de los alimentos.

La vida útil de un producto depende de factores ambientales como la temperatura humedad, presencia de oxígeno, exposición a la luz, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que evitan su venta: cambios de sabor, color, textura o pérdida de nutrientes (Potter, 1978).

2.6.1 Temperatura

La temperatura juega un papel muy importante en la maduración de la fruta. En general, temperaturas bajas tienden a reducir la velocidad de maduración (Belitz, 2004).

La temperatura óptima para una maduración normal es variable para cada fruta, ya que este proceso es catalizado enzimáticamente y cada enzima tendrá su temperatura característica para su acción, por lo tanto las temperaturas a las cuales se produce daño por frío o por calor son específicas para cada fruta (Belitz , 2004).

2.6.2 Humedad relativa

Frutas y verduras sufren una variedad de crecimientos en la superficie, como levaduras y mohos, así como bacterias, y por lo tanto son susceptibles a la descomposición durante el almacenamiento en condiciones de humedad relativa bajas.

La humedad relativa es uno de los factores que pueden dañar las características de los alimentos, a mayor humedad y temperatura será mayor la actividad microbiana de los microorganismos (Polo, 1998).

2.6.3 Oxígeno

Además de los efectos que el oxígeno tiene sobre el desarrollo de los microorganismos, el aire y el oxígeno ejercen efectos destructores sobre las vitaminas (particularmente las vitaminas A y C), sobre los colores, los sabores y otros componentes de los alimentos (Belitz, 2004).

El oxígeno interviene además en las actividades metabólicas de las células vegetales y animales, entre las cuales las más importantes son la respiración, la biosíntesis del etileno (en el caso de los vegetales) y los procesos de oxidación (Belitz, 2004).

2.6.4 Luz

La luz es responsable de la destrucción de algunas vitaminas, particularmente la riboflavina, la vitamina A y la vitamina C. Además, puede deteriorar los colores de muchos alimentos (Belitz, 2004). Además de factores ambientales, existen otros factores que intervienen en la duración de la vida de anaquel de los alimentos, en la tabla 7 se muestran algunos factores que intervienen en la calidad de productos alimenticios hortofrutícolas.

Tabla 7 Factores que afectan la calidad de los productos hortofrutícolas

Factores físicos	Factores químicos	Factores microbiológicos
<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Actividad del agua	<ul style="list-style-type: none">• Sustratos disponibles• Valor del pH• Concentración de solutos principales• Presencia de oxígeno• Conservadores	<ul style="list-style-type: none">• Sustratos utilizados• Productos totales formados• Número y tipo de microorganismos presentes• Velocidad máxima de crecimiento

(Polo, 1998)

2.7 Procesos de deterioro de los alimentos

2.7.1. Descomposición Biológica Crecimiento microbiano

La habilidad de los microorganismos para crecer o multiplicarse en un alimento está determinada por factores intrínsecos y extrínsecos.

Tabla 8. Factores intrínsecos y extrínsecos que afectan al deterioro de los alimentos

Factores intrínsecos	Factores extrínsecos
Nutrientes	Temperatura
pH	Humedad relativa del ambiente
Potencial redox y oxígeno	Presencia y concentración de gases atmosféricos
Actividad de agua	Presencia y actividad de otros microorganismos
Constituyentes antimicrobianos	
Estructura biológica	

(Hidalgo, 2014).

Estos factores pueden estar presente en alimentos tantos como perecederos como no perecederos, en las frutas es mayor presencia ya que por su originalidad eso dificulta su conservación por su alto contenido de agua. La gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura se debe a su extremadamente bajo contenido de sólidos con un 10% de materia sólida. (Szczesniak & Smith, 1969).

2.7.1.1 Microorganismos alterantes

Los microorganismos que causan más relevancia en alterar los alimentos son las bacterias pertenecientes a las gran-negativas (*Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Shewanella* y *Aeromonas*), un problema que preocupa a las industrias alimentarias en todo el mundo. La alteración puede verse afectada de manera visible y con reacciones

metabólicas produciendo compuestos volátiles fáciles de detectar por los sentidos del gusto y el olfato, entre mayor sea la carga bacteriana inicial de un alimento su vida de anaquel será más corta como resultados de las actividades microbianas.

La alteración de los alimentos origina olores, colores y/o sabores repugnantes, gas, limosidad o pérdida de la textura normal. Obviamente, los signos de alteración varían notablemente dependiendo de los alimentos, su carga microbiana y las condiciones ambientales (Rodríguez, 2012).

Tabla 9. Clasificación de los cambios indeseables que ocurren en los alimentos

Atributo	Cambio	Enzimas que participan en el cambio
Textura	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la solubilidad • Disminución de la capacidad para retener el agua • Endurecimiento • Reblandecimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peróxidasa • Hidrolasa
Sabor	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de: Rancidez (hidrolítica u oxidativa) • Sabor acaramelado o de cocción • Otros gustos extraños. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peróxidasa • Hidrolasa • Fenolasa
Color	<ul style="list-style-type: none"> • Oscurecimiento • Blanqueamiento • Desarrollo de colores extraños. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peróxidasa • Hidrolasa • Fenolasa

Valor nutritivo	Pérdida o degradación de: <ul style="list-style-type: none"> • Vitaminas • Minerales • Proteínas • Lípidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrolasa • Fenolasa
-----------------	--	---

(Giraldo, 1999.)

2.7.1.2 Microorganismos patógenos

El desarrollo de microorganismos causantes de deterioro en los alimentos depende de las condiciones que lo rodean. Algunos microorganismos necesitan una fuente de nitrógeno orgánico tal como aminoácidos, mientras que otros se desarrollan solo si hay suficiente glucosa. La actividad del agua también es un factor determinante en el crecimiento microbiano, lo mismo que el pH (Giraldo, 1999).

Los principales microorganismos que causan deterioro en los alimentos son:

- Bacterias del ácido láctico, generan cambios de olor y sabor, generalmente no son nocivos para el consumo humano.
- Bacterias del ácido acético: afectan el olor y el sabor.
- Bacterias proteolíticas: se desarrollan dentro y encima de los alimentos proteínicos no ácidos; las toxinas que producen pueden ser nocivas para los humanos y pueden formar gases desagradables; las principales bacterias causantes de infecciones o envenenamiento ya sea por el número o por las toxinas que producen son:
 - Clostridium botulinum: Produce toxinas peligrosas que pueden ser letales.
 - Clostridium perfringeo: Forma esporas que pueden sobrevivir a altas temperaturas.
 - Bacillus Cereus. Es anaerobia facultativa que también forma esporas resistentes al calor. Su contaminación proviene de la suciedad, se presenta en cereales como el arroz y el pan.

- Bacteria salmmeilla Es anaerobia facultativa, que crece rápidamente a temperaturas templadas. Es un peligro para la salud cuando se ha multiplicado considerablemente, sobrevive a la refrigeración y a la congelación, pero se destruye a temperaturas superiores a los 60°C.
- Staphylococcus aureus: Es un anaerobio facultativo que no forma esporas, se desarrolla en medios ricos en proteínas y produce toxinas intestinales. El calor mata la bacteria pero no destruye la toxina. Para prevenir el crecimiento y producción de las toxinas, se requiere almacenamiento a temperaturas inferiores a los 5°C(Giraldo, 1999).

La fresa puede verse afectada directamente por los hongos Botrytis cinerea y Rhizopus viéndose afectada su textura, color, sabor y valor nutritivo

2.7.2 Descomposición Química

Durante el procesamiento y el almacenamiento de alimentos ocurren cambios químicos que se derivan de la composición y de los factores ambientales externos. Los principales cambios químicos están relacionados con la actividad enzimática, reacciones de oxidación (particularmente de lípidos que tiene el aroma) y reacciones no enzimáticas que provocan pardeamiento causando cambios en la apariencia. (Giraldo ,1999).

Tabla 10. Causas y efecto del deterioro de los alimentos

Causas principales	Consecuencias	Manifestaciones
Hidrolisis de lípidos	Los ácidos grasos libres reaccionan con las proteínas	Textura, sabor y valor nutritivo

Hidrolisis de polisacáridos	Los azúcares reaccionan con las proteínas	Textura, color y sabor
Oxidación de lípidos	Los productos de oxidación reaccionan con muchos otros contribuyentes	Textura, sabor, color y valor nutritivo
Golpes en las frutas	Células rotas, enzimas liberadas, oxígeno accesible	Textura, sabor, color y valor nutritivo
Calentamiento de verdura	Pérdida de integridad de las células de las paredes y membranas, ácidos y enzimas.	Textura, sabor, color y valor nutritivo
Calentamiento de tejido muscular	Agregación y desnaturalización de proteínas, inactivación de enzimas.	Textura, sabor, color y valor nutritivo.

(Giraldo, 1996)

2.72.1 Reacciones Enzimáticas

2.7.2.1.1 Pardeamiento

La enzima responsable de producir el pardeamiento es la polifenol oxidasa la cual necesita de oxígeno y cobre para producir dicha reacción, la aparición del pardeamiento es considerado el principal problema que altera la calidad de las frutas y hortalizas semi-procesadas, se presenta en varios vegetales y se lo observa cuando el tejido es cortado, golpeado o aplastado, debido a que existe una ruptura en las células exponiéndose los sustratos fenólicos en contacto con el oxígeno del ambiente, que luego son transformados por enzimas en melaninas, cuyos compuestos se caracterizan por un color marrón (Orrego, 2016)

Algunos de los componentes fenólicos presentes en los alimentos que son utilizados como sustratos por las enzimas para producir el pardeamiento son (catecol, L-tirosina, ácido cafeico, ácido clorogénico, hidroquinonas, antocianinas y flavonoides). La reacción de pardeamiento es desarrollada por dos etapas: hidroxilación y oxidación (Barreiro M, 2006).

2.7.2.1.2. Rancidez

La reacción provocada por la enzima lipoxidasa es conocida como rancidez producida por lípidos en contacto con el oxígeno que afecta directamente a los alimentos por su contenido de lípidos, esta reacción tiene mayor influencia en degradar y dañar la calidad de los alimentos en su sabor, olor y valor nutritivo, además dicha reacción puede llegar a producir cáncer en las personas que consuman alimentos con esta reacción presente (Donoso, 1996)

2.7.2.1.3. Oxidación de lípidos

La oxidación de lípidos es conocido también por la oxidación de los ácidos grasos insaturados, las vitaminas y carotenoides también pueden presentar oxidación. La oxidación ocurre cuando un átomo cede un electrón a otro átomo distinto mediante el proceso de la reducción, como características está reacción a diferencia de otras puede ocurrir con una baja actividad de agua como la que se presenta en las harinas de trigo y aceites crudos o refinados, esto se debe a que los triglicéridos líquidos tienen una gran movilidad y favorecen su contacto con la lipasa (Badui, 1990).

La degradación de los carotenoides se debe fundamentalmente a reacciones de oxidación por las lipoxigenasas, y se presenta generalmente durante el secado de frutas y vegetales, las condiciones de temperaturas ayudaran a que se acelere la oxidación de igual forma con los lípidos. Los alimentos que contienen antioxidantes, como tocoferoles o vitamina C, conservan mejor los carotenoides y por tanto, su color. (Badui, 1990)

2.7.2.2 Encafecimiento no enzimático

Es un conjunto de reacciones complejas que produce manchas pardas, ventajas tiene que ayuda a la formación de la corteza del pan, a la formación de caramelos entre otros como desventajas en algunos alimentos la aparición de malos olores y sabores, reacciones en las que participan compuestos carbonilos, aminas y derivados (Badui, 1990).

2.7.2.2.1 Reacción de Maillard

La reacción de Maillard genera varios compuestos uno de los compuestos que agrava la reacción es la producción de acrilamida compuesto que puede ser altamente cancerígeno, otras de las desventajas de la reacción es que los alimentos presentan un color amarillo a un café oscuro que provocan que el aroma, sabor y valor nutritivo se vean afectados. Los parámetros que propician la reacción de Maillard son el pH, la actividad del agua, temperatura y presencia de azúcares (Badui, 1990).

Se genera por la reacción de grupos aminos con azúcares reductores, aldehídos y cetonas. Esta reacción se puede presentar en el calentamiento de un alimento en cualquier etapa de su procesamiento (Barreiro M, 2006).

2.7.2.2.2 Caramelización

También se la conoce como pirolisis, se produce cuando los azúcares se llevan a temperaturas sobre su punto de fusión, sin importar el pH esta reacción puede producirse, la temperatura para que la sacarosa entre en un estado de caramelización es por arriba de 160°C produciendo hidrolisis, deshidratación y dimerización de los compuestos resultantes, generando compuestos oscuros y sabores amargos (Badui, 1990).

2.7.2.2.3 Oxidación del ácido ascórbico

Debido a su composición química del ácido ascórbico tiene posibilidades a su degradación, el pH, concentración de oxígeno, enzimas, catalizadores metálicos, concentración inicial de ácido propician la degradación (Bastías M, 2016).

La degradación del ácido ascórbico se puede dar media te tres formas; por la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y ´por degradación anaerobia.

2.7.3 Descomposición Física

2.7.3.1. Pérdida de humedad

Cardello y schutz coinciden que un factor importante para evaluar la calidad de los productos hortofrutícolas mínimamente procesados es la frescura. El artículo “Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados “hace mención que los alimentos presentan manchas pardas y deshidratación. A medida que la actividad agua disminuye la textura tiende a endurecerse y el alimento se seca más rápido (Rodríguez 2005).

Tabla 11. Cambios de la calidad de algunos alimentos debido a la transferencia de humedad o/y vapor de agua

(Gómez, 2010)

Producto	Cambio	Causa
Frutas frescas	Aspecto seco y poco atractivo	Pérdida de humedad
Verduras frescas	Marchitado	Pérdida de humedad
Ensaladas aliñadas	Cambios en la textura de los vegetales; cambios en la consistencia del aliño	Migración de humedad de los vegetales al aliño
Galletas y cereales de desayuno	Reblandecimiento; pérdida de la textura	Ganancia de humedad
Caramelos	Se hacen pegajosos	Ganancia de humedad
Alimentos en polvo	Apelmazamiento	Ganancia de humedad
Carne congelada	Quemaduras por frio	Transferencia de vapor de agua: sublimación del hielo



Figura 8. Cambios de textura en los productos hortofrutícolas.
(INFOAGRO, 2021)

2.7.3.2 Ganancia de humedad

Del contenido de agua de un alimento dependen las propiedades reológicas y de textura de este, al igual que está relacionada directamente con las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas. El agua presente en un alimento está dividida en dos partes como agua libre que se encuentra disponible para el crecimiento de los microorganismos o para transferir en las transformaciones hidrolíticas, químicas y enzimáticas, mientras que la segunda es llamada agua ligada que se encuentra unida a la parte sólida del alimento y no interfiere en reacciones de deterioro de alimentos. También se conoce como agua ligada a la cantidad de agua que no congela a -20°C (Badui, 1990).

La actividad acuosa es una propiedad intrínseca y se relaciona con el contenido de humedad por medio de las curvas o isothermas de adsorción y desorción por esta razón es muy importante no confundir la actividad acuosa con el contenido de agua ya la relación no es lineal (Badui, 1990).

La estabilidad y las propiedades químicas de las macromoléculas dentro de las células de los alimentos depende de la interacción de sus grupos reactivos con la fase acuosa que los rodea; el congelamiento conduce cambios estructurales en el agua haciendo que dichas interacciones se alteren, lo cual puede traer consigo la pérdida de la textura de frutas y hortalizas. La rigidez de los tejidos frescos está determinada por la presión hidrostática dentro de la célula, y es la membrana la que retiene el agua y por tanto la que mantiene la frescura de estos productos; los componentes de las membranas son

complejos lipoproteicos formados por enlaces relativamente débiles, como puentes de hidrogeno y uniones hidrófobas, que se alteren con facilidad (Badui, 1990)

Dado que si actividad del agua en los alimentos se encuentra en gran aumento propicia cambios en todas las características de calidad, puede que el alimento llegue en un estado de pudrición en un corto tiempo, pueden presentarse bacterias, virus, hongos y levaduras, además de un acelerado crecimiento microbiano. Dando a una amplia oportunidad a una disminución de los nutrientes y perdida de textura (Badui, 1990).

Tabla 12. Valores mínimos de actividad de agua para el crecimiento de microorganismos de importancia en alimentos.

Organismos	$A_{w\text{mínima}}$
Mayoría de bacteria dañinas	0.91
Mayoría de levaduras dañinas	0.88
Mayoría de hongos dañinos	0.80
Bacteria halófila	0.75
Levadura osmófila	0.60
salmonella	0.95
Clostridium botulinum	0.95
Escherichia coli	0.96
Staphylococcus aureus	0.86
Baccillus subtilis	0.95

(Badui, 1990)

2.7.3.3 Fluctuaciones de temperatura

2.7.3.3.1 La fusión de grasa

A la desestabilidad de la grasa, los hidrocoloides pueden ser utilizados para reemplazar la materia grasa, para buscar la textura deseada .la fusión es un factor indeseable ya que produce alteraciones en la apariencia, textura, estabilidad y sabor (Quintana, 2003).

2.7.3.3.2 Velocidad de congelamiento

La velocidad de congelamiento es un factor determinante en la formación y localización de los cristales de hielo; por ejemplo, cuando el congelamiento se hace en menos de 24 horas se producen muchos cristales pequeños en forma de aguja a lo largo de las fibras musculares; por lo contrario, se efectúa en forma en forma lenta (más de 24 horas) se induce un menor número de cristales, pero de menor tamaño, de tal manera que se puede considerar que cada célula del tejido contiene una sola masa central de hielo. El congelamiento lento es más dañino que el rápido ya que afecta más la membrana celular y además establece cristales intercelulares que tienen la capacidad de unir las células e integrar grandes agregados (Badui, 1990).

2.7.3.3.3 Cambio de viscosidad por efecto de la temperatura

La viscosidad una propiedad de las alimentos a considerar para su manejo y transformación, la industria alimentaria realiza pruebas para determinar el grado de viscosidad de los alimentos con ayuda de alguna técnica como lo es el ultrasonido, los productos alimentarios más estudiados son líquidos como los jugos, salsas y mayonesa. De acuerdo a la temperatura será el comportamiento de la viscosidad de los alimentos, a mayor temperatura menor será la viscosidad descrita por la relación tipo Arrhenius. (Giraldo, 2017)

2.7.3.3.4 Desestabilidad de emulsiones

La desestabilidad de emulsiones puede darse por mecanismos físico-químico entre los que se encuentra la separación gravitacional, coalescencia, floculación, maduración de Oswald e inversión de fases (Walstra, 1996; Friberg, 1997; McClements, 1999).

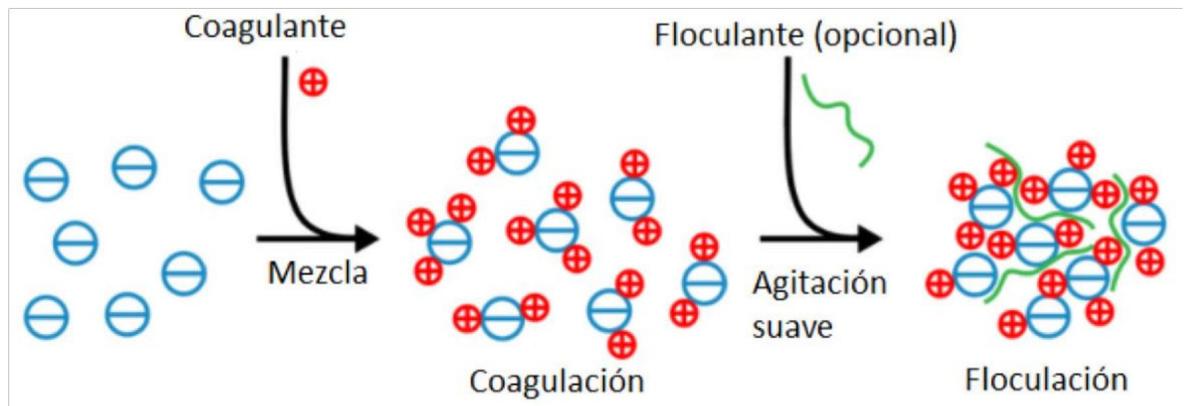


Figura 10. Diagrama esquemático de los principales procesos de inestabilidad que pueden sufrir las emulsiones.(Matelco, 2021)

2.7.3.3.5 Congelado y calidad de productos

Como desventaja de usar la congelación ocurren cambios en la calidad de los alimentos, dado que un alimento sin congelar tendrá 70% de agua y el restante serán sólidos totales, mientras que un alimento congelado tendrá un 40% de agua congelada con 30% de sólidos totales con una temperatura que propicie la congelación a partir de 0°C a menos 18°C. Sin embargo, con un cambio de temperatura de 5 ° por debajo de la temperatura inicial de congelación, un producto podría tener 30% de agua sin congelar, 40% de agua congelada o hielo y el mismo 30% de sólidos totales.

Al disminuir la temperatura, el porcentaje de hielo incrementará en oposición al agua sin congelar. A una temperatura mucho menor que la inicial a la de congelación, una pequeña fracción de agua permanecerá en el estado líquido y será agua no congelable (Heldman y Hartel, 1997).

2.7.3.3.6 Congelación de frutas.

Las frutas en muchos de los casos son de textura suave lo que provoca que al momento de congelación y descongelación puedan presentar cambios en su estructura y afectar las células vivas en los tejidos (Skrede, 1996).

La influencia de la congelación, almacenamiento congelado y descongelado sobre la calidad de los productos ha sido investigado extensamente por varias décadas. La congelación de frutas constituye un proceso de conservación importante, debido a que

pueden ser transportadas a mercados remotos o pueden ser almacenadas para la manufactura de jaleas, jugos y jarabes (Skrede, 1996).

2.7.3.3.7 Magullamiento

Las pérdidas poscosecha se deben principalmente al ataque del hongo *Botrytis cinérea*, el cual genera daños en los frutos de fresa tales como: pérdida de firmeza, color y sabor, que conducen a una disminución en la vida útil (Thomp-son, 2003). El hongo *Botrytis cinérea* se manifiesta inicialmente como una mancha marrón clara o amarillenta hacia el final del cáliz y a los pocos días cubre de un moho gris, Palabras clave adicionales: biocontroladores, moho gris, organoléptico, hongos benéficos, color de apariencia polvosa, toda la superficie de la fruta (Agrios, 2005). Este es capaz de afectar el 95% de los frutos después de 48 horas de cosechados (Chaves, 2004.).

Tabla 13. Agentes causantes del deterioro de alimentos
(Carrillo, 2007)

Microorganismo	Alimento que deteriora
Rhizopus orizae	Tomate
Aspergillus flavus	Cereales y cacahuate
Penicillium	Cítricos
Zygosacharomyces bailii	Jarabes, jamones y jaleas
Rhizopus	Pan
Aspergillus	Tortilla
Pseudomonas	Carne de res y de ave

Estudios mencionan que son dos causas principales que generan daños en las fresas: el daño por hongos y daño mecánico las cuales son muy susceptible

La fresa es una fruta muy perecedera en sus cambios físicos al contener gran cantidad de agua puede cambiar su textura drásticamente presentándola más blanda otro cambio es cuando la congelamos ya que si la congelamos el proceso de descongelamiento no se conservan sus características organolépticas (Ma.Alcantara, 2009)

Por otro lado las fresas también pueden tener daños por efecto de desgaste dado que se presenta por la fricción de fresas entre ellas u otra superficie durante el transporte haciendo que la piel se separe del tejido sano otro daño es por magulladura que produce decoloración y cambio en el sabor.

Nonnecke y Gladon (1998) hacen mención que existen 5 causas que contribuyen al deterioro y las pérdidas poscosechas de las fresas las cuales son:

- Los cambios metabólicos
- El magullamiento y daño mecánico
- La pérdida de agua
- La descomposición fisiológica
- La descomposición patológica

2.8 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas serán de aprovechamiento en función del material con el cual fueron elaborados, buscando su grado de cohesión para lograr la formación de muchos puentes moleculares entre las cadenas poliméricas y puedan ser estables (Cuq B. G., 1996). Las variantes que determina las propiedades mecánicas, y la adhesión es el grado de cohesión buscando asegurar la durabilidad del recubrimiento y la superficie de la fruta (Moreno, 2010).

2.8.1. La permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua es representada por la cantidad de vapor en unidades de presión que a traviesa por la matriz utilizada con determinado grosor y en

función al material con el cual fue diseñado el recubrimiento, aumentando su peso en función al tiempo, dicha medición son llevadas a condiciones de temperaturas y humedad relativa según lo prefieran

Además la permeabilidad al vapor de agua es uno de los factores más importantes en la caracterización de los recubrimientos comestibles, sin dejar de ser importantes los factores que describen el proceso de permeabilidad que influyen directamente entre el agua y el material del recubrimiento (adsorción y desorción) y la resistencia del movimiento del agua en la matriz polimérica tridimensional (Bilbao-Sainz, 2010).

La permeabilidad al vapor de agua, gases y lípidos son características que los recubrimientos deben tener en parámetros de aceptación pero al igual forma lo son las propiedades mecánicas que influyen de manera significativa en los recubrimientos durante el manejo, embalaje y el transporte de la fruta evitando así roturas o aparición de poros, para esto tiene que tener una fuerza mecánica que ayude a soportar durante las acciones mencionadas anteriormente.

La permeabilidad al vapor de agua se puede calcular con la siguiente ecuación matemática (Butrón, 2012):

Ecuación 2:

$$WVP = \frac{\text{Slope} * L * 24}{2A * up} =$$

Expresada en las unidades:

$$wvp = \frac{\text{gr} * \text{cm}}{\text{hr} * \text{m}^2 * \text{mmHg}}$$

Donde

Slope= Pendiente (velocidad de absorción de agua)

L=Grosor de la película

A=Área de la permeabilidad de la película

VP=La presión existente entre el interior y el exterior

2.8.2. Solubilidad

La propiedad más importante a considerar al medir la solubilidad son únicamente las del soluto, debido a que dicho valor es constante dependiente de la temperatura

Calculada con la siguiente ecuación (Zamudio *et al.*, 2007):

Ecuación 3:

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{\text{peso del vaso con residuo} - \text{peso inicial del vaso}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100$$

Expresada en porcentaje de soluto o en unidades como mol por litro o gramos por litro. Dicha propiedad es de suma importancia para determinar la funcionalidad del recubrimiento comestible, el recubrimiento debe tener cierta resistencia al agua para que ayude al alimento mantenerse en buenas condiciones (Fama, 2006).

2.8.3 Opacidad

La opacidad es una propiedad que va relacionada directamente con el color que puede tomar el alimento al momento de agregarle el recubrimiento, el material es opaco cuando no deja luz a través de él. La opacidad se cuantifica como absorbancia o el porcentaje de intensidad lumínica que es absorbida por la muestra (Sánchez, 2010).

La cual se calcula con la siguiente formula

Ecuación 4

$$\text{opacidad} = A_{nm}/\delta$$

2.9. Estimación de la vida de anaquel

Según Labuza (1982), en la práctica existen cinco principales formas de determinar la vida en anaquel de un producto, siendo éstas, valores encontrados en la literatura, devolución en la distribución, prueba de distribución abusada, quejas de consumidores y prueba de vida en anaquel acelerada.

2.9.1 Determinación directa

Métodos probabilísticos

Los métodos probabilísticos están basados en considerar la vida útil como variable de respuesta aleatoria porque su comportamiento está basado en un modelo probabilístico. Estos estudios son analizados mediante la evaluación sensorial.

Los métodos estadísticos se pueden ajustar a las siguientes distribuciones de probabilidad normal, Log-normal, de Weibull.

Metodología para el estudio

El siguiente procedimiento puede llevarse a cabo para la realización de un estudio de durabilidad utilizando métodos estadísticos (Giraldo, 1999).

- Determinación del criterio de fallo de las unidades y de la técnica de evaluación del parámetro.
- Realización del diseño para el estudio.
- Almacenamiento de muestras y recolección de la información. Como los ensayos son destructivos, no se puede llevar el estudio de una unidad hasta el tiempo final sino que se conservan los datos de diferentes unidades en distintos tiempos, por esto se han llamado datos incompletos de fallo.
- Determinación de la técnica probabilística a la que mejor se ajusten los datos.
- Cálculo de parámetros de la distribución.
- Determinación del tiempo de vida útil del producto.
- Prueba de bondad de ajuste de la distribución. Si se van a utilizar estudios sensoriales para la evaluación del producto, es necesario establecer las técnicas de análisis sensorial a través de las cuales se establecerá el deterioro del alimento (Giraldo, 1999).

2.9.2 Método acelerado

Sánchez *et.,al* (2010) citan que las pruebas aceleradas son analizadas en tiempos cortos en condiciones controladas y a diferentes temperaturas, examinando el producto con intervalos de tiempo, los productos alimenticios deben ser almacenados en

condiciones anormales incrementando las temperaturas para que las reacciones de deterioro se aceleren por un tiempo más corto en comparación al periodo de vida real del producto.

2.10. Cinética del Deterioro en Alimentos

La cinética de deterioro de primer orden que estudia la velocidad de las reacciones químicas, los factores que la afectan y el mecanismo por el cual transcurren. Los cambios que ocurren en los alimentos son el resultado de numerosas y complejas reacciones químicas y bioquímicas, acompañadas de diversos efectos físicos. Los alimentos de origen vegetal se caracterizan por los cambios físicos, químicos y bioquímicos que permanentemente ocurren, en un ciclo que se puede considerar se inicia y termina con la siembra, pues, durante su crecimiento y luego de la cosecha, continúan efectuándose reacciones de todo tipo. Una situación similar puede ser establecida en los alimentos de origen animal; nuevamente, después del sacrificio del animal, las reacciones continúan y en conjunto producen la descomposición de los tejidos, en contraste con las reacciones de síntesis que son características en los animales vivos (Labuza, 1982)

Lozano y Toribio (1984) quienes trabajaron en cinética de pardeamiento en frutas con jugos concentrado de manzana a 65 a 75°Brix indican que el pardeamiento no enzimático corresponde a una cinética de primer orden.

2.10.1 Reacción de orden cero.

Labuza (1982) indican que en los alimentos ocurren una gran cantidad de reacciones pudiendo ser de cero orden o primer orden.

La ecuación general de cinética de reacción se expresa: Ecuación

5

$$\frac{dA}{dt} = kA^n$$

Donde

A= es un factor físico, químico, microbiológico o sensorial de calidad
K= constante de variación del factor A n=es el orden de reacción t=
tiempo

Cuando n = 0:

$$\frac{dA}{dt} = -K$$

Esto implica que la velocidad de pérdida de A es constante con el tiempo e independiente de la concentración de A.

Integrando la ecuación anteriormente descrita, se obtiene:

$$\int_{A_0}^{A_e} dA = -K \int_0^t dt$$

$$A_E - A_0 = Kt$$

$$A_E = A_0 - Kt$$

Donde:

A_e es el valor de A al final de la vida media.

A_o es el valor inicial de A t es la vida media,
en días, meses o años.

k es la constante de velocidad de la reacción

Esto implica que el factor de disminución de la calidad es constante (k), en unidades de concentración/tiempo, cuando todos los factores extrínsecos son constantes.

2.10.2 Ecuación de Arrhenius (efecto de la temperatura)

El efecto de la temperatura se estudia mediante el modelo de Arrhenius un factor que influye en el deterioro de los alimentos. Desarrollada para reacciones moleculares reversibles, para fenómenos físicos y químicos (Valentas et al, 1997) Ecuación 6:

$$K = k_0 \exp\left(-\frac{EA}{RT}\right)$$

En donde:

K: Constante cinética k_0 : Factor pre-exponencial

EA: Energía de activación (J mol^{-1})

R= Constante universal de los gases ($8.3145 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

T= Temperatura ($^{\circ}\text{K}$)

Este modelo se emplea cuando los alimentos son almacenados con temperaturas de -20 a 0°C para ser congelados, y en 4 a 45°C para ser refrigerados o deshidratados.

Se ha evidenciado que el modelo matemático de Arrhenius es el que rige la pérdida de calidad de los alimentos, esta ecuación está fundamentada en leyes termodinámicas, por esta razón, la ecuación de Arrhenius involucra el efecto de la temperatura sobre las reacciones químicas en los alimentos (Valentas et al, 1997).

Para obtener la energía de activación y el factor pre-exponencial debemos realizar una gráfica utilizando el $\ln(k)$ con respecto de tiempo, y así obtener la ecuación de la recta.

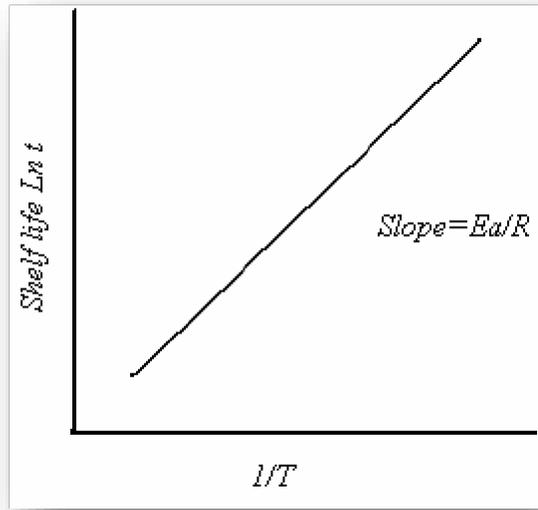


Figura 11. Empleada para obtener la energía de activación (Ea)
(Ocampo, 2003)

Debido a la dispersión de los datos, estos deberán ajustarse a una línea recta, por lo que la ecuación 6 se linealiza (Ecuación 7):

$$\ln k - \ln k_0 = \ln \exp\left(-\frac{EA}{RT}\right)$$

Obteniendo la ecuación de Arrhenius linealizada (Ecuación 8):

$$\ln K = \ln k_0 - \frac{EA}{R} \left(\frac{1}{T}\right)$$

$$y = b + m x$$

Por lo tanto, para obtener la energía de activación, utilizamos la pendiente de la ecuación de la recta, como se muestra (Ecuación 9):

$$m = \frac{EA}{R}$$

$$EA = m(R)$$

Para conocer el factor pre exponencial, hacemos uso de la ordenada al origen de la ecuación de la recta obtenida anteriormente (Ecuación 10):

$$b = \ln k_0$$

Para calcular directamente el factor pre exponencial se debe de eliminar el ln como se presenta a continuación (Ecuación 11):

$$\exp b = \exp \ln k_0$$

Entonces, obtenemos la ecuación directa para calcular dicha variable (Ecuación 12):

$$e^b = k_0$$

Cuando ya se tienen las variables correspondientes al factor pre exponencial (k_0) y la energía de activación (E_a) podemos conocer la velocidad de deterioro empleando directamente la ecuación de Arrhenius (Ecuación 13).

Posteriormente, para conocer el tiempo de vida de anaquel utilizamos la ecuación 14 empleada para las reacciones de orden cero:

$$A = A_0 - Kt \text{ Donde:}$$

A: Valor límite aceptable de la variable de interés.

A_0 : Valor inicial de la variable de interés.

K: Velocidad de deterioro (Calculada con la ecuación de Arrhenius). t:
Tiempo de vida de anaquel.

En la ecuación 15 se encuentra despejado el tiempo, por lo que directamente obtendremos la vida de anaquel:

$$t = \frac{A_0 - A}{K}$$

(Sosa, 2016)

2.10.3 Gráfica de Vida Útil

Las industrias alimentarias ponen en estudio la vida útil de los alimentos para llegar a conocer el tiempo de durabilidad con las características organolépticas en óptimas condiciones, para estar cuidado la salud de los consumidores minimizando

cualquier tipo de contaminación. Todos los alimentos procesados y semi-procesados tienen en la etiqueta la fecha de caducidad que es la fecha en el alimento ya no puede ser consumido (Carrillo, 2013).

Grafica vida útil por extrapolación

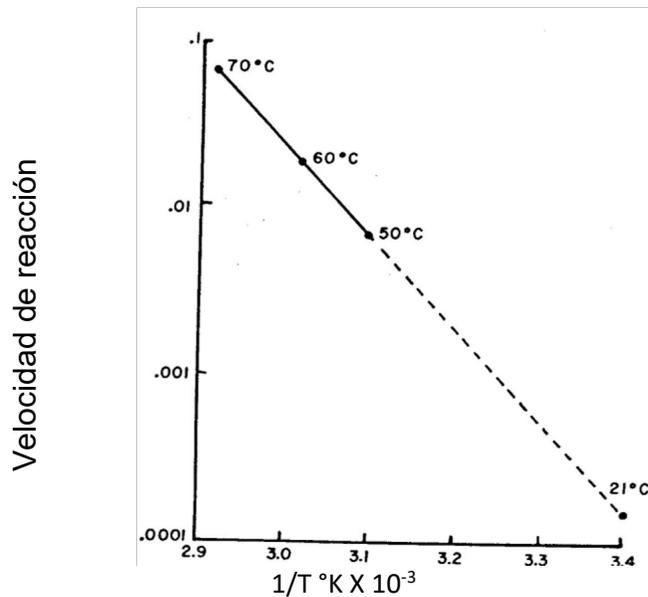


Figura 9. Gráfica de la vida de anaquel
(Azuelto, 2012)

Una forma útil de cuantificar el efecto de la temperatura sobre la calidad de un alimento es a través de los gráficos de vida de anaquel, estos consisten en graficar el logaritmo natural del tiempo de vida de anaquel contra la temperatura o su inverso. De estos gráficos se pueden obtener parámetros importantes como son la energía de activación, EA, y el parámetro Q_{10} , el cual se define como la razón entre la vida de anaquel a una temperatura T y la vida de anaquel a otra temperatura T+ 10; así:

$$Q_{10} = \frac{\text{vida de anaquel a temperatura (T)}}{\text{vida de anaquel a temperatura (T+10°C)}}$$

La forma de los gráficos de vida de anaquel y la relación que existe entre sus pendientes y los parámetros arriba mencionados se muestra (Gordon, 1993; citado por Ocampo 2003).

2.10.5 Factor Q_{10}

El factor Q_{10} también utilizado para describir la relación de la temperatura y la constante de reacción.

El factor de aceleración Q_{10} es ampliamente para predecir el comportamiento de un alimento empleando temperaturas, por el cual podemos conocer el número de veces que se modifica la velocidad de una reacción de deterioro cuando la temperatura es variada en 10°C (Rondon et al, 2004).

La siguiente ecuación se emplea para conocer el valor Q_{10} involucrando las variables de velocidad de deterioro (K), obtenidas con el modelo de Arrhenius.

Ecuación 16:

$$Q_{10} = \frac{K_1}{K_2}$$

Donde:

K_1 = Es la constante de reacción a la temperatura T

K_2 = constante de reacción a la temperatura $T+10^{\circ}\text{C}$

Otra forma de conocer el valor Q_{10} es partiendo del análisis anteriormente descrito, graficando el logaritmo natural del tiempo de vida de anaquel en función de las temperaturas de experimentación en grados centígrados.

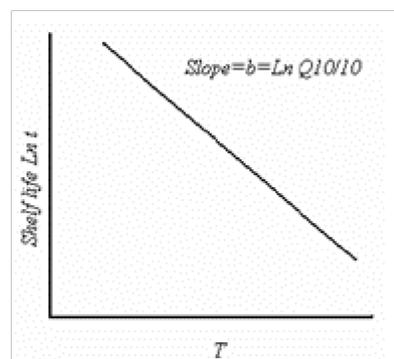


Figura 10 Gráfica empleada para obtener el Q₁₀

(Ocampo, 2003)

De la cual obtendremos la ecuación de la recta, para obtener el valor Q₁₀ mediante la ecuación 17:

$$t=t_0\exp^{-bT}$$

A la cual se le debe de eliminar el ln como se muestra en la ecuación 18:

$$\ln t = \ln t_0 - bT$$

Para obtener la formula y consecutivamente el valor Q₁₀.

Ecuación 19:

$$\ln t = \ln t_0 - bT$$

$$y = b + mx$$

Por lo tanto, la ecuación 20 describe que el Q₁₀ lo podemos obtener con ayuda de la pendiente de la recta, b:

$$b = \frac{\ln Q_{10}}{10}$$

Despejando el ln Q₁₀, obtenemos la ecuación 21:

$$\ln Q_{10} = (b) 10$$

En la ecuación 21 se elimina el ln de la ecuación 20:

$$\exp \ln Q_{10} = \exp (b) 10$$

Finalmente, obtenemos la ecuación 22 para calcular el valor de Q₁₀ directamente:

$$Q_{10} = \exp 10 (b)$$

(Sosa, 2016).

CAPITULO III MATERIALES Y METODOS

La etapa experimental de este proyecto consistió de cuatro pasos los cuales fueron de caracterización fisicomecánica del recubrimiento, acondicionamiento de la fresa, aplicación del recubrimiento y evaluación físico química del fruto en estudio.

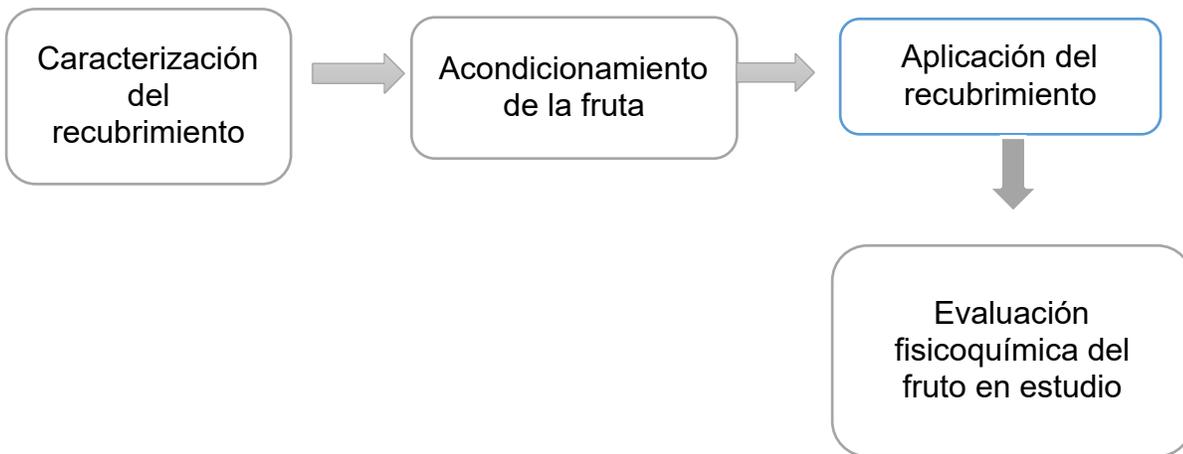


Tabla 14. Reactivos, Materiales y Equipo Utilizado

Reactivos	Materiales	Equipos
Tween 20	Espátula	Texturómetro
Agua destilada	Agitadores magnéticos	Espectrofotómetro
Ácido sórbico	Probeta de 100 ml	Parrilla eléctrica Thermo Cientific Cimarec
Benzoato de sodio	Vasos de precipitado 1L	Licuadora industrial Tapsica T12L3540 RPM
Aceite de maíz	Mortero de agata	Autoclave yamato SK100C
Glicerol	Vasos de precipitado 150 ml	Estufa Yamato DKN 602L
Microdyn	Gradillas	Cámara climática Binder
Hidróxido de sodio	Charolas de aluminio	Penetrómetro Extech FHT200
Cloruro de potasio	Frascos de vidrio	Colorímetro Konica Minolta CR-400

Acetato	Papel aluminio	Centrifuga Power Spin MX único
	Cedas de permeabilidad y celdas de cuarzo	Balanza analítica Ohaus Pioner
	Pipeta 100ml	
	Tubos de ensaye	

3.1 Materia prima

El suero de leche fue adquirido de una tienda en línea “Food Technologies Trading S.A de C.V. ubicada en la Ciudad de México.

El almidón de jícama utilizado en este estudio fue extraído en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI) ubicado en Yautepec, Morelos.

La fresa que fue utilizada para este proyecto fue adquirida recién cosechada proveniente del Rancho Guadalupe ubicado en ejido Huachichil, la cual fue clasificada de segunda calidad con un estado de madurez de 90% .



Figura 11. (a)Fresa recién cosechada, (b) suero de leche, (c) almidón de jícama

3.2 Preparación del recubrimiento comestible

La preparación del recubrimiento se llevó a cabo siguiendo la metodología citada por Saavedra y col., 2010.

Se llevó a cabo la preparación de dos recubrimientos diferentes con la composición descrita en la Tabla 14

Tabla 15. Formulación de recubrimientos para el uso en fresa.

Tratamiento 1 sin proteína	Tratamiento 2 con proteína
Suero de leche (proteína) 2%	Almidón 4%
Almidón 2%	Benzoato de sodio 0.10%
Glicerol 1.71%	Glicerol 1.71%
Tween 80 .10 %	Tween 80 0.10%
Aceite de maíz 1%	Aceite de maíz 1%
Ácido sórbico y benzoato de sodio 0.10%	Ácido sórbico.010%

3.3 Tratamiento 1

1. En un vaso de precipitado se agregó una tercera parte del agua, se agregó el almidón de jícama 4% y se pre-gelatinizó, manteniéndose por 10 minutos en agitación constante en una parrilla eléctrica, la boca del recipiente tiene que estar cerrada.
2. En un vaso de precipitado se agregó la segunda tercera parte del agua, se agregó el glicerol (1.71%) y gota a gota se fue incorporando el almidón pre-gelatinizado manteniendo en agitación por 10 minutos.
3. En la última parte del agua restante se agregó tween 80 (0.1%) y gota a gota el aceite de maíz para formar la emulsión, a continuación se añadió la solución formulada anteriormente junto a los antimicrobianos en relación a 0.05% de cada

una ácido sórbico y benzoato de sodio como último se homogenizó 12 minutos (con intervalos) en una licuadora industrial Tapisa a 3540 RPM.

4. Después de la homogenización se vertió la mezcla filogénica en un frasco de vidrio con tapa de metal y se introdujo a esterilizar (121°C por 30 minutos).

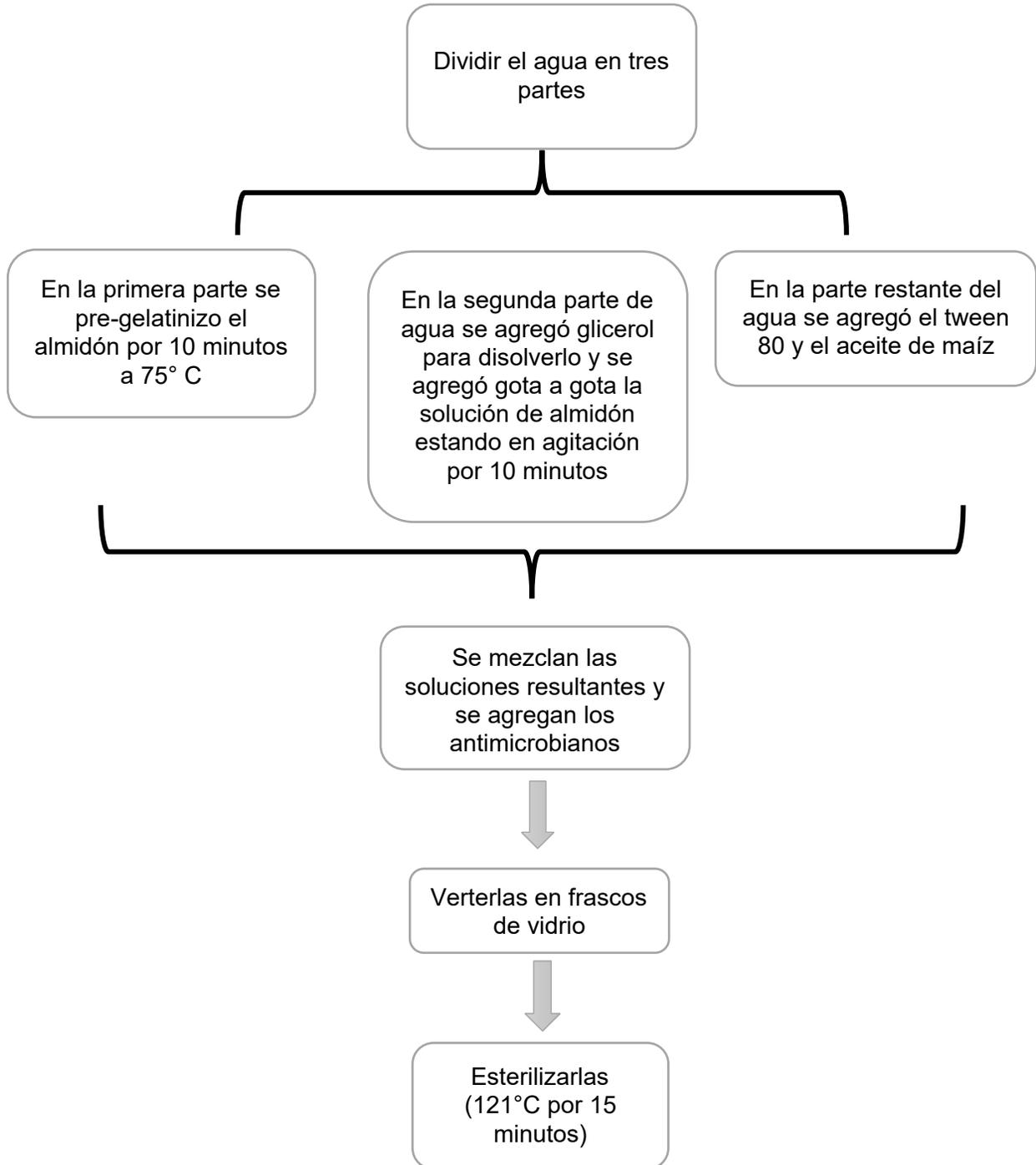


Figura 12: Preparación del recubrimiento comestible.

3.4 Tratamiento 2

Se realizaron los mismos pasos del tratamiento 1, con la modificación en el paso dos al momento de agregar el almidón pre- gelatinizado, se agregó también el suero de leche en polvo en una concentración de: 2% almidón y 2% suero le leche.

3.5 Acondicionamiento de la fruta

Primero se desprendió el tallo junto con las hojas de cada una de las fresas, se lavaron con agua primeramente para desprenderle algún resto de materia inusual, para continuar se sometieron a la desinfección de las fresas con un desinfectante comercial Microdyn (la solución se preparó de acuerdo a las instrucciones del producto), el secado de la fruta se llevó acabo de manera natural a temperatura ambiente por 2 horas.

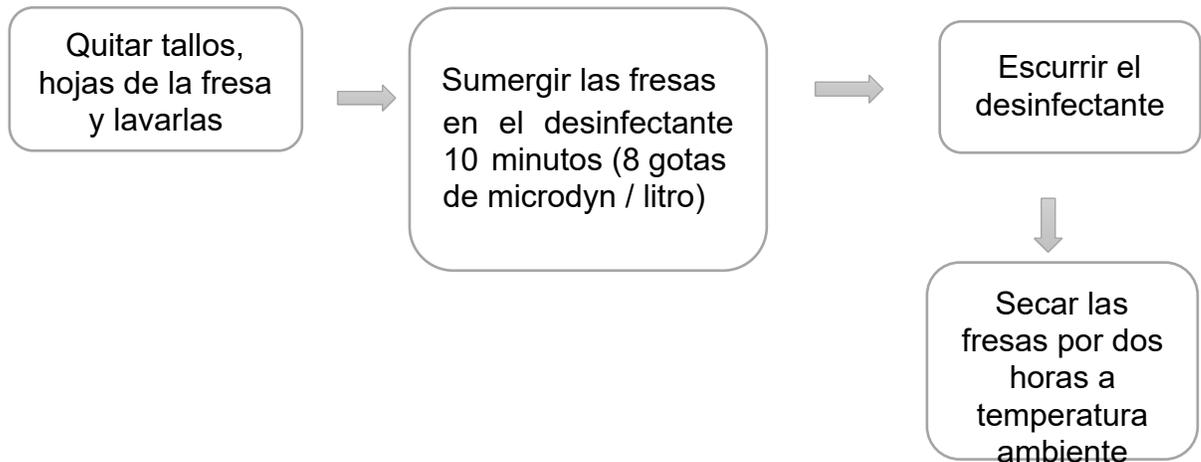


Figura 13: Acondicionamiento de la fruta.



Figura 14. (i) Desinfección de fresa, (ii) Fresa limpia

3.6 Aplicación del recubrimiento comestible

El proceso consistió en verter las soluciones homogéneas en vasos precipitados, en el cual se sumergieron las fresas con la duración de 1 minuto, para la prueba testigo fue sumergida en agua destilada para igualar las condiciones de la experimentación, para después colocar las fresas en gradillas de aluminio y se dejaron a temperatura ambiente por dos horas.



(i)



(ii)



(iii)

Figura 15 (i) Solución de almidón con proteína y sin proteína, (ii) aplicación de recubrimiento, (iii) fresa en la cámara climática.

3.5 Medición de las propiedades mecánicas

3.5.1 Medición de la permeabilidad al vapor de agua.

La permeabilidad al vapor de agua se determinó mediante una cámara climática BINDER con las siguientes condiciones de temperatura 35 °C con una humedad relativa de 60% donde las películas fueron colocadas en celdas de permeabilidad con 1gr de cloruro de calcio anhidro, cada celda de permeabilidad se monitorearon durante 10 horas midiendo el cambio de peso del recubrimiento cada hora. Los resultados fueron graficados correspondiente al monitoreo de las celdas y el peso de la misma, dichos resultados nos ayudaran a obtener una pendiente, posteriormente se sustituyen en la siguiente fórmula para obtener los resultados de la permeabilidad de vapor de agua.

$$WVP = \frac{\text{Slope} * L * 24}{A * VP}$$

Donde:

Slope= pendiente

L=grosor

A=área de permeabilidad de la película

VP= la presión existente entre el interior y el exterior del sistema



Figura 16: Medición de permeabilidad al vapor de agua.

3.5.2 Medición de elongación

El estudio de elongación al recubrimiento comestible se realizó con el apoyo de un texturómetro, los recubrimientos fueron cortados 10mm ancho x 60mm de largo. Las condiciones con las cuales se llevó el estudio fue a temperatura ambiente y una humedad relativa de 60%, las muestras de películas se montaron en las empuñadas de rodillo autoajustables de la máquina y estirada a una velocidad de 1mm/s hasta alcanzar su rotura. Se ajustó la distancia inicial hasta 50mm. Se estudiaron 6 recubrimientos de cada formulación, el módulo de Young fue evaluado a partir de la pendiente de la porción lineal inicial de la curva de tensión- deformación. El estudio fue llevado a cabo mediante el Método estándar ASTM D882-02.

Con las curvas de fuerza- deformación se obtienen los parámetros de fuerza máxima expresada en Newton (Fmax) y deformación máxima dada en mm(Dmax),

Los valores de fuerza (N) se dividen por el área de la sección transversal de la muestra (mm^2) para obtener los valores de esfuerzo (MPa).

La tensión fue calculada con la siguiente formula:

$$TS = F/A_l \text{ Donde:}$$

F= es la fuerza máxima para romper el recubrimiento

A= es el área del recubrimiento

El porcentaje de elongación se obtuvo a partir de la siguiente expresión:

$$b = [(l_f - l_i)/l_i] * 100 \text{ Donde:}$$

l_f =es la distancia final al romperse el recubrimiento l_i = es la distancia inicial entre los puños



Figura 17: Medición de elongación

3.6.3 Opacidad

Los recubrimientos fueron cortados en rectángulos con las siguientes medidas de 1 cm X 5 cm colocándose directamente a un espectrofotómetro UV / Vis Helios Gamma, utilizando una celda de cuarzo, para la prueba de referencia se utilizó una celda vacía, el estudio se realizó por triplicado.

Para calcular la opacidad se ocupó la siguiente ecuación.

$$Opacidad = A_{600nm}/\delta$$

Donde:

A_{600nm} =Es la absorbancia a 600 nm δ = Es el espesor del recubrimiento en mm.

Los valores bajos de opacidad correspondieron a una alta transparencia

3.5.4 Solubilidad

Para determinar la solubilidad en agua de cada uno de los tratamientos de recubrimientos se realizaron tres repeticiones de acuerdo al método de ZamudioFlores et al, 2007, con modificaciones, en el cual muestras de 40cmx50 fueron secadas durante 24 hr a una temperatura de 60°C hasta tener su peso constante en un horno por convección Modelo: DKN602C, para después ser sometidas a agitación durante 60 min, decantar el líquido los sólidos restantes fueron secado por 24hrs a 60°C, se determinó su peso seco.

Con la siguiente formula se calculó la solubilidad.

$$\% Solubilidad = \frac{\text{peso del vaso con residuo} - \text{peso inicial del vaso}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100$$

3.7 Medición de propiedades Fisicoquímicas de la Fresa

3.7.1 Color

El color de los recubrimientos se determinó en la superficie con un colorímetro modelo CR-400 HS, utilizando los parámetros de color CIELab L*a*y b*. Cada 10 horas se muestrearon 3 fresa por cada tratamiento durante 5 días tomando lectura de 3 puntos diferentes alrededor del ecuador de la fresa.

Se promediaron a partir de diez lecturas para cada muestra y la diferencia de color total (ΔE) calculándose con la siguiente formula:

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

Donde: ΔL^* , Δa^* y Δb^* son los diferenciales entre a parámetro de color de la muestra inicial y sus variaciones respecto del tiempo.

3.7.2 Firmeza

Con las mismas 3 fresas utilizadas en la medición anterior se prosiguió a medir la firmeza con ayuda de un texturómetro con una puntilla de 3 milímetros de diámetro, tomando tres lecturas en puntos diferentes alrededor del ecuador de la fresa, obteniendo resultados en Newtons (N).

Se realizó las mediciones de firmeza con las mismas condiciones de tiempo y temperaturas (25°,35° y 45°) al del análisis de color.



Figura 18: Medición de firmeza y color

3.7.3 Medición de Antocianinas

Se llevó a cabo la prueba de pH diferencial, lo cual se prepararon dos disoluciones diferentes de la muestra, una con el buffer de cloruro de potasio con un pH 1.0 y otra con el buffer de acetato de pH 4.5, llevándolas a un volumen de 1.2mL y se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro a 520 y 700 nm.

Para calcular la concentración de pigmentos manométricos se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Antocianina manométrica} = (A \cdot PM \cdot FD \cdot 1000) / (\epsilon \cdot 1)$$

A=absorbancia

PM=peso molecular FD=factor

de dilución ϵ =extinción molar

1000= conversión de gramos a miligramos

(Giusti, 2001)



Figura 19: Medición de antocianinas

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la formulación del recubrimiento comestible se consideró la composición reportada por Sosa-Flores (2016) quien realizó un estudio de vida de anaquel en fresa utilizando almidón de jícama como fase polimérica del recubrimiento, llevándose a cabo como variante al mencionado trabajo, la combinación de almidón de jícama y proteína de suero de leche, conservando la concentración del 4%, tal como se observa en la tabla 16.

Tabla 16.Formulación de recubrimientos comestibles para uso en fresa.

Formulación original (Sosa- Flores, 2016)		Mezcla de almidón y proteína		
Almidón	4 %	3% Almidón + 1% Proteína	2% Almidón + 2% Proteína	1% Almidón + 3% Proteína
Fase Lipídica			1 %	
Glicerina			1.71%	
Tween 80			0.10%	
Antimicrobiano			0.10%	
Agua			93.19%	

Para la caracterización de los recubrimientos en términos de las propiedades de barrera, solubilidad, opacidad y propiedades mecánicas, se prepararon películas mediante vaciado en placa, llevando a cabo la metodología descrita en el capítulo anterior. Se observó que, durante la recuperación de la película, la mezcla de almidón de jícama y proteína de suero de leche que fue más manejable fue la combinación de 2% de almidón de jícama con 2% de proteína de suero de leche, la cual se utilizó para comparar su efecto la vida de anaquel de la fresa respecto a la formulación original, en términos de parámetros sensoriales como son el color y firmeza, así como los parámetros bioquímicos como el contenido de antocianinas.

4.1 Parámetros mecánicos

Permeabilidad al vapor de agua

La propiedad de barrera evaluada en las películas fue la permeabilidad al vapor de agua, por ser éste el compuesto más comúnmente eliminado durante la poscosecha de frutos u hortalizas ocasionando pérdida de peso por deshidratación (López et al,2003). Los resultados se muestran en la figura 23, en donde se observa que en las formulaciones utilizadas no hay diferencias estadísticas significativas en esta propiedad de barrera (ver análisis estadístico en el Anexo I).

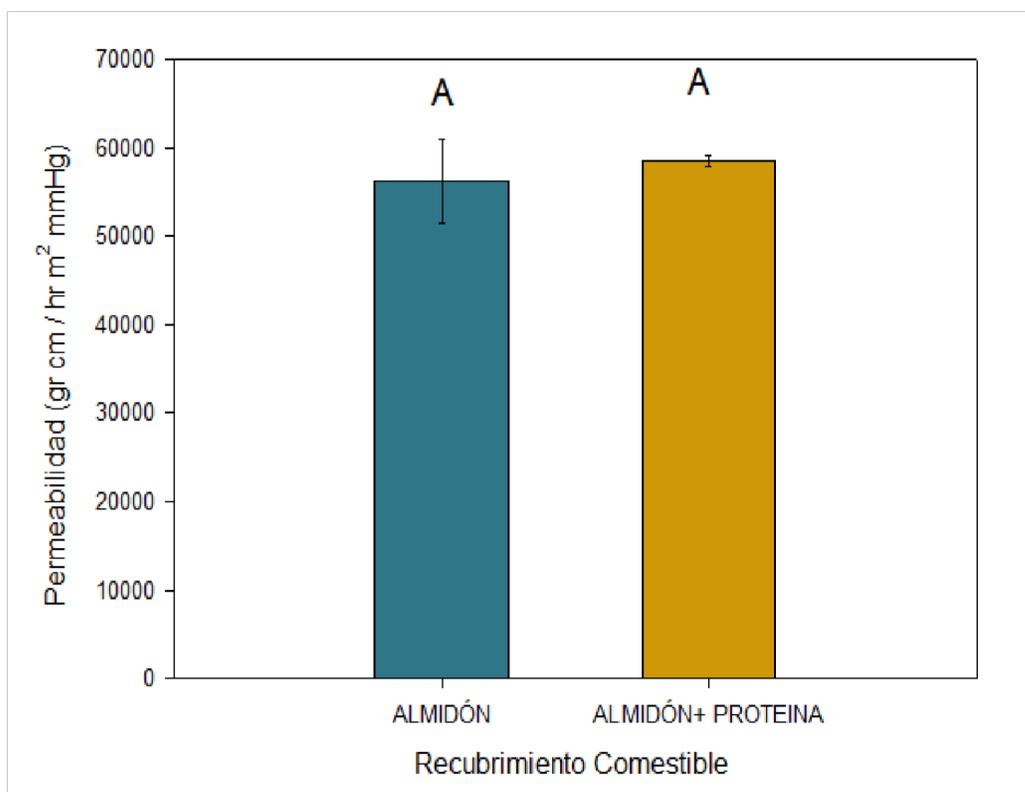


Figura 20. Permeabilidad al vapor de agua de recubrimientos comestibles con diferente composición.

Haciendo referencia al trabajo realizado por (León, 2018) menciona que los recubrimientos formulados con almidón de maíz incorporado a mango muestran una permeabilidad al vapor de agua 7.5×10^{10} g-cm/m²-h-mmHg debido a la cantidad de cada uno de los ingredientes;(70% de amilosa, 1.2% de lipidosy 1g de almidon) por otra

parte, también menciona que puede verse afectada por la fuente de almidón, siendo excelentes controladoras de la permeabilidad de gases como CO₂ y O₂.

En este trabajo se utilizó almidón de jícama una fuente poco estudiada, junto a la incorporación de una proteína muestran una permeabilidad ligeramente mayor respecto al recubrimiento elaborado solamente con almidón. Este mismo comportamiento fue observado por Marquez-Hernández (2010) quien elaboró recubrimientos de almidón de maíz adicionando proteína de suero de leche, las cuales fueron aplicadas en fresa. Los valores de permeabilidad al vapor de agua dependen de la interacción química del tipo de almidón con el resto de los componentes de la formulación (López y col., 2008). Adicionalmente, García y col. (2009) hicieron una revisión de los valores de permeabilidad al vapor de agua con distintas formulaciones a base de almidón de papa en donde reporta que los valores de esta propiedad de barrera están influenciados por las condiciones de temperatura, humedad relativa y espesor en el que fue determinada. De acuerdo a Pavlath y Orts (2009) el espesor juega un papel importante en estas determinaciones.

Solubilidad

Por otro lado, durante la aplicación de los recubrimientos en alimentos con alto contenido de agua, es importante evaluar su solubilidad para evitar ser eliminados impidiendo llevar a cabo su efecto protector en la superficie de éstos. Para el caso de la fresa, la cual contiene un 98,9% de humedad, y que es el fruto modelo de este estudio, fue necesario evaluar la solubilidad de los recubrimientos que serían colocados sobre su superficie, observando diferencias significativas con un 95% de confiabilidad (ver análisis estadístico en el Anexo I). Los resultados se muestran en la figura 25.

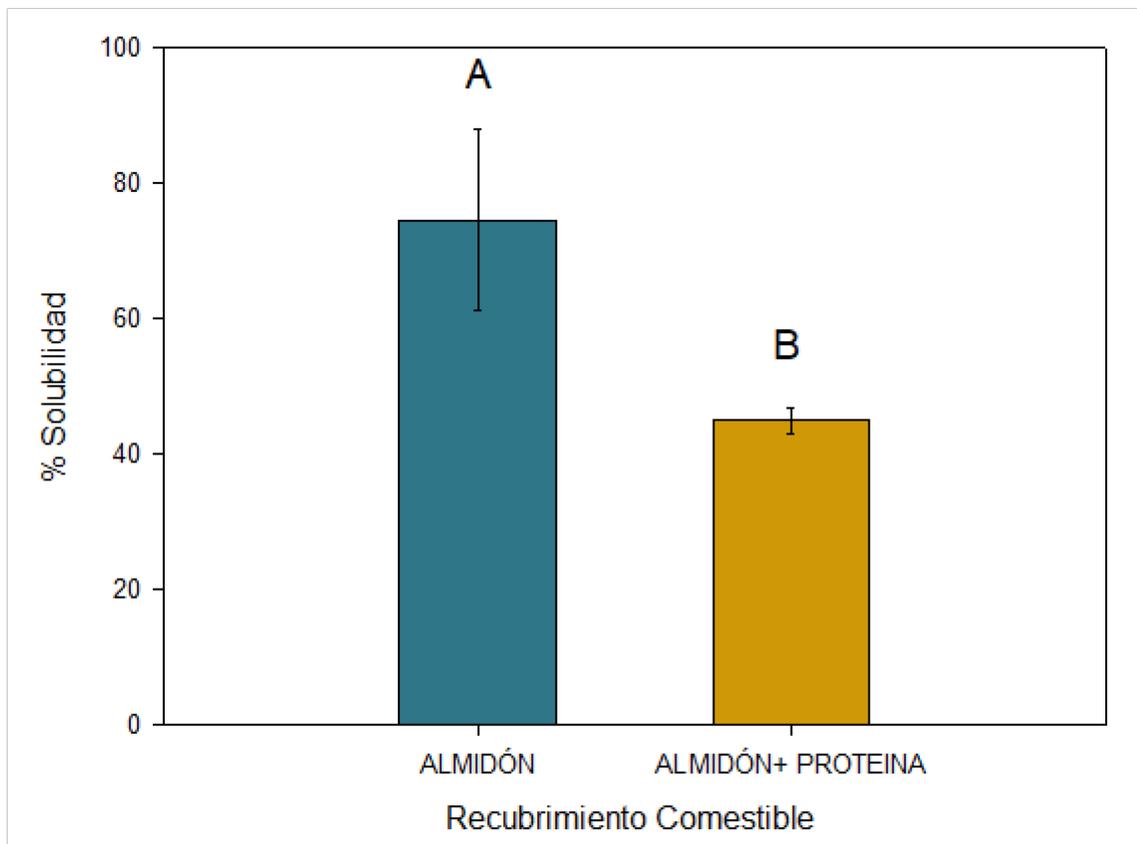


Figura 21. Porcentaje de solubilidad de recubrimientos comestibles con diferente composición.

La solubilidad del recubrimiento con formulación de almidón esta entre un 75-80% mientras que el recubrimiento con almidón-proteína la muestra entre en 45-50% Valenzuela-Navarro (2016) reportaron un valor de 42.12% de solubilidad en películas elaboradas a base de almidón de maíz y gelatina. Un comportamiento similar fue reportado por Marquez-Hernández (2010), quien observó una disminución en el porcentaje de solubilidad en películas de almidón de maíz adicionado con proteína de suero de leche, respecto a aquellas que fueron elaboradas únicamente a base del polisacárido. Por otro lado, Pérez-Gago y Krochta (1999) reportan un 100% de solubilidad para películas elaboradas solamente con proteína de suero de leche, por lo que se sugiere que en las soluciones filmogénicas podría prevalecer el comportamiento de alguno de los biopolímeros en lugar del de la mezcla e interacciones moleculares esperadas entre ambos.

Opacidad

Un factor de calidad sensorial de gran importancia en las frutas y hortalizas para su aceptación por el consumidor es su apariencia, prefiriendo aquellos alimentos de apariencia brillante haciéndolos atractivos para su consumo (Quintero y col 2010). En base a lo anterior, fue necesario evaluar el grado de opacidad de los recubrimientos mostrando que, para las formulaciones elegidas, no existe diferencia significativa estadística entre éstas (ver análisis estadístico en el Anexo I), tal como de observa en la figura 26.

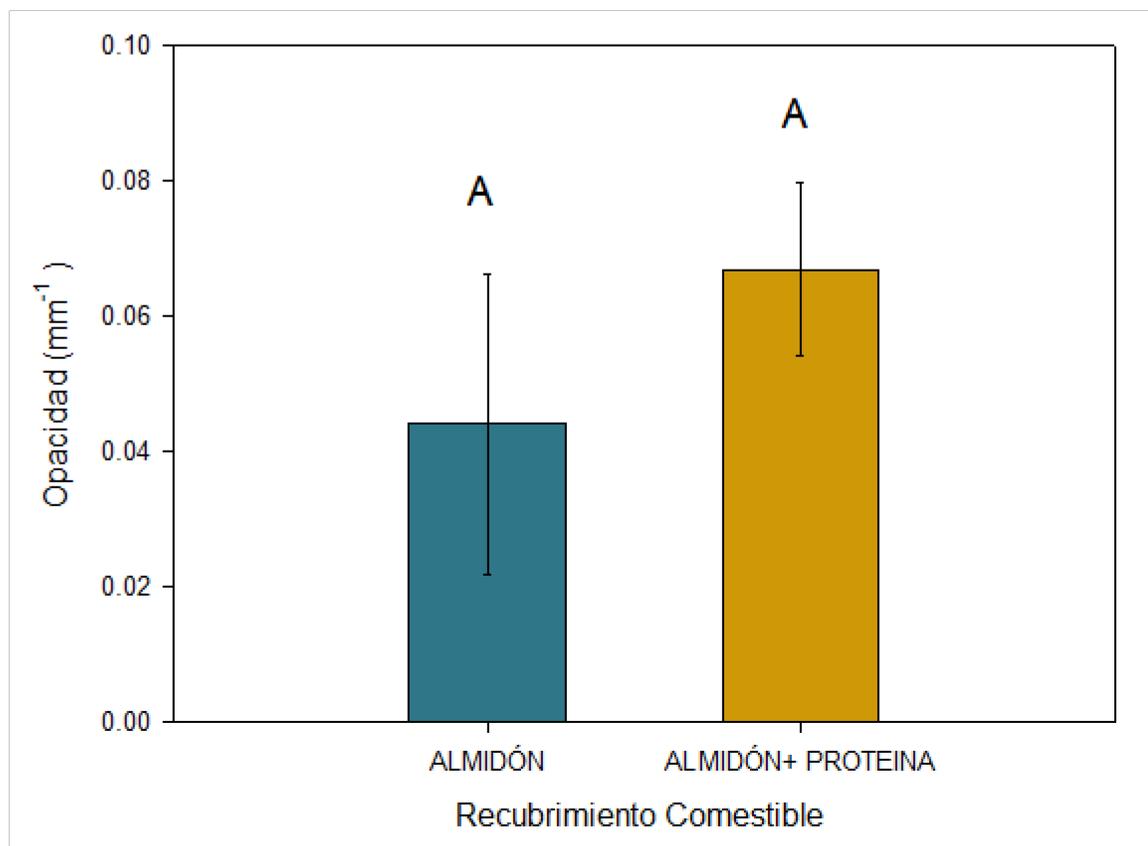


Figura 22. Grado de opacidad de recubrimiento comestibles con diferente composición.

Santacruz y col. (2015) presentaron que en recubrimientos a base de almidón y quitosano tienen un valor de opacidad por arriba de los valores obtenidos en este estudio siendo (5.38 mm^{-1}). De igual forma en un estudio de Muñoz en recubrimientos elaborados con almidón yuca y maíz presentan valores de opacidad de (2.97 mm^{-1} y 3.37 mm^{-1}), valores aún muy por arriba de los resultados obtenidos en recubrimientos

de almidón de maíz y proteína de suero de leche (Marquez – Hernández, 2010), los cuales oscilan entre 0.457 mm^{-1} , para almidón, y 0.437 mm^{-1} para la mezcla de ambos biopolímeros. Por otro lado, Henríquez (2016) reportó valores de opacidad de 4.14 mm^{-1} en recubrimientos elaborados a base de proteína de soya. Por lo anterior, se sugiere que la opacidad, al igual que la solubilidad de las películas, es una propiedad influenciada por el espesor y la composición de éstas. Además, conforme aumenta la cantidad de materiales en la formulación la opacidad también aumenta, tal como ocurrió en el presente trabajo y a lo reportado por Marquez-Hernández (2010).

% De elongación y módulo de Young

Otro factor a considerar durante la formulación de recubrimientos comestibles es el efecto sinérgico que le confieren los componentes en relación a sus propiedades mecánicas, principalmente el % de Elongación y el Módulo de Elasticidad, mejor conocido como Módulo de Young. Los resultados de los análisis fisicomecánicos de los recubrimientos en estudio se muestran en la figura 27.

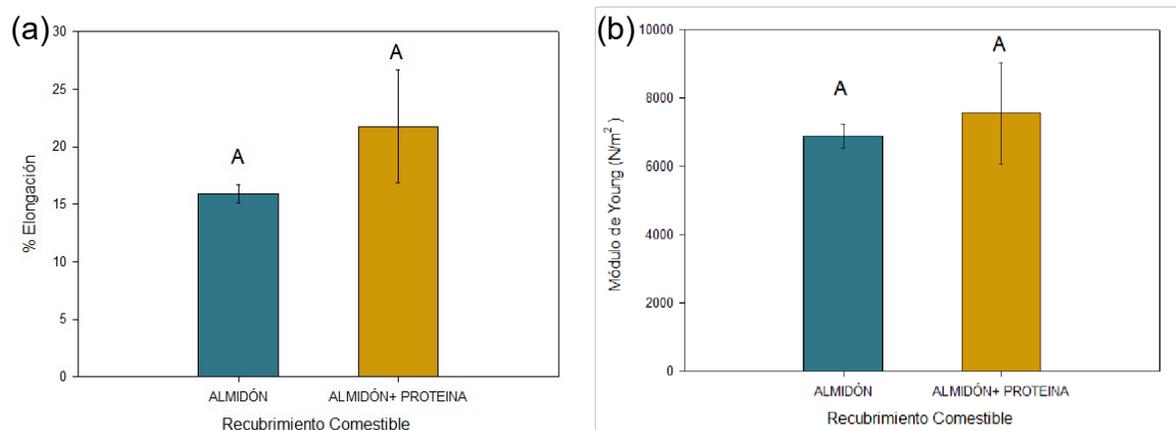


Figura 23. Propiedades fisicomecánicas de recubrimientos comestibles con diferente composición (a) % de Elongación, (b) Modulo de Young.

Se observa que estadísticamente no hay diferencia significativa en las propiedades fisicomecánicas de los recubrimientos elaborados con las formulaciones seleccionadas para determinar el porcentaje de elongación y módulo de Young. Sin embargo, las

películas de almidón adicionadas con proteína presentan valores ligeramente más elevados respecto a las elaborados únicamente con almidón.

Las películas elaboradas a base almidón, son claras, flexibles, transparentes, presentan excelentes propiedades de barrera al oxígeno, pero no tanto al vapor de agua (Soliva y Martín, 2001; Krochta y De Mulder-Johnston, 1997). Además, sus propiedades mecánicas son generalmente inferiores a las películas sintéticas (Petersen y col., 1999). Por otro lado, las películas elaboradas con proteína, especialmente las de suero de leche, suelen ser transparentes, flexibles, con baja permeabilidad al vapor de agua y excelentes propiedades de barrera al oxígeno (Krochta, 1997), presentan mejores propiedades mecánicas que las elaboradas a base de polisacáridos y lípidos (Jogjareonrak, Benjakul, Visessanguan y Tanaka, 2008). Por lo anterior, la mezcla de ambos biopolímeros contrarresta las deficiencias de cada uno y de esta manera poder mejorar las propiedades y características del material resultante (Tharanathan, 2003). Una de las propiedades que se buscan mejorar con estas mezclas, son las propiedades mecánicas; las cuales dependen del tipo de material utilizado y su cohesión estructural. La cohesión es el resultado de la habilidad del polímero para formar fuertes y numerosos enlaces moleculares entre cadenas poliméricas, dificultando así su separación (Guilbert y col., 1996).

En estudios realizados por Henríquez (2016), quien elaboró películas a base de almidón de yuca y proteína de soya en manzana, éstas presentaron un módulo de Young entre 1×10^6 y 4.3×10^6 N/m²; mientras que los resultados en este trabajo fueron por debajo de 10000 N/m². De igual forma mostrando un porcentaje de elongación de

19.37-19.17% mientras tanto los resultados aquí obtenidos oscilan entre 15 y 25%.

4.2 Parámetros de calidad evaluados en fresa

Parámetro de firmeza

En la figura 28 se muestra la variación de firmeza que tuvo el fruto en estudio a diferentes temperaturas y un 60% de humedad relativa. La fresa se evaluó con y sin recubrimiento.

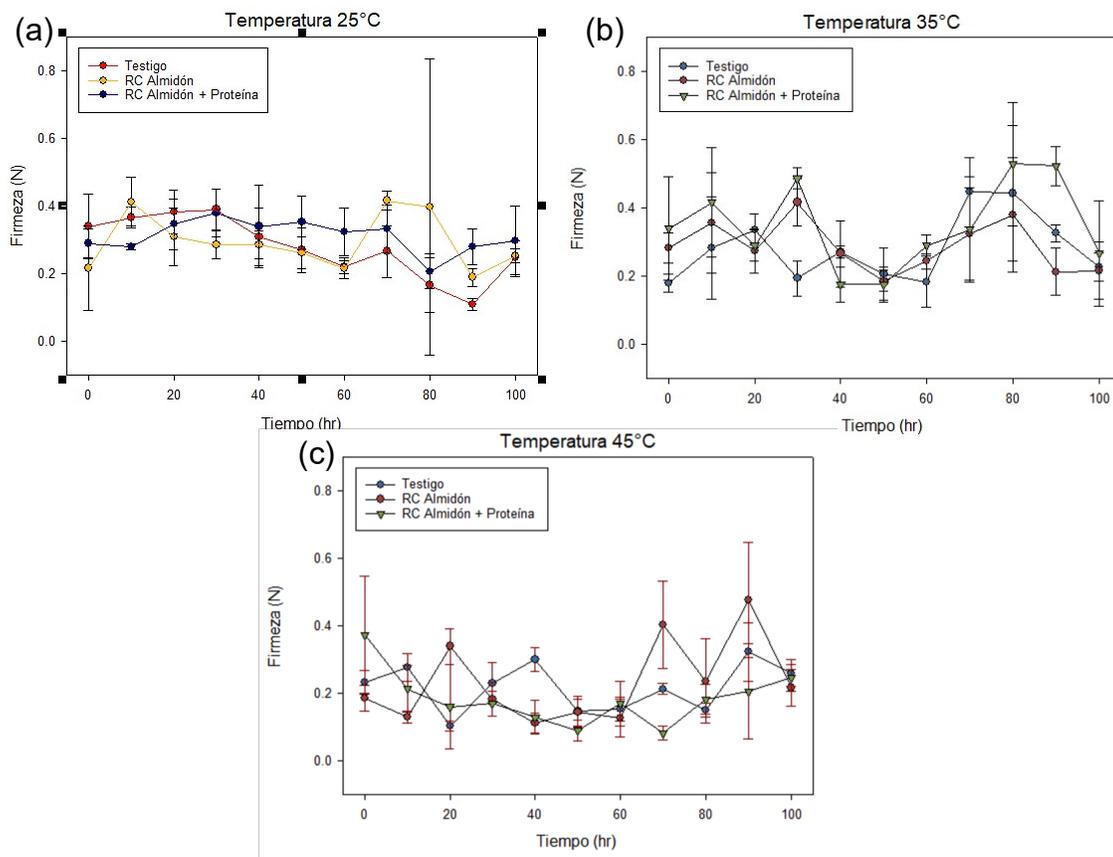


Figura 24. Evaluación de Firmeza (N) de fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas y 60 % de humedad relativa.

Un modelo de utilidad para describir la relación de la temperatura y la velocidad de reacción de deterioro de un parámetro de calidad es el llamado Q_{10} , (Salina y col., 2007). El factor de aceleración Q_{10} es un método empleado con el fin de predecir el efecto de la temperatura sobre un alimento, este factor significa el número de veces que la velocidad de las reacciones se modifica cuando la temperatura aumenta 10°C (Rondon et al, 2004). Es decir, si el valor de dicho factor es 1 la velocidad de reacción se mantiene, pero si es de 2 o 3 la velocidad se duplica y triplica (Fanjul y Hiriart, 2008). Para conocer el valor Q_{10} se relacionan las variables de velocidad de deterioro (K), obtenidas con el modelo de Arrhenius, el cual considera el efecto de la temperatura.

En la tabla 16 se presentan los valores de la velocidad de deterioro del parámetro de firmeza respecto del tiempo a condiciones aceleradas, así mismo el valor del factor Q_{10} , encontrándose el fruto que estaba protegido con el recubrimiento de la almidón de jícama con proteína de suero de leche fue el de menor valor de Q_{10} lo que indica que

la velocidad del cambio de la firmeza se mantiene, en tanto que con el recubrimiento elaborado solamente con almidón y el fruto testigo, la velocidad de cambio de la firmeza se duplica y triplica, respectivamente.

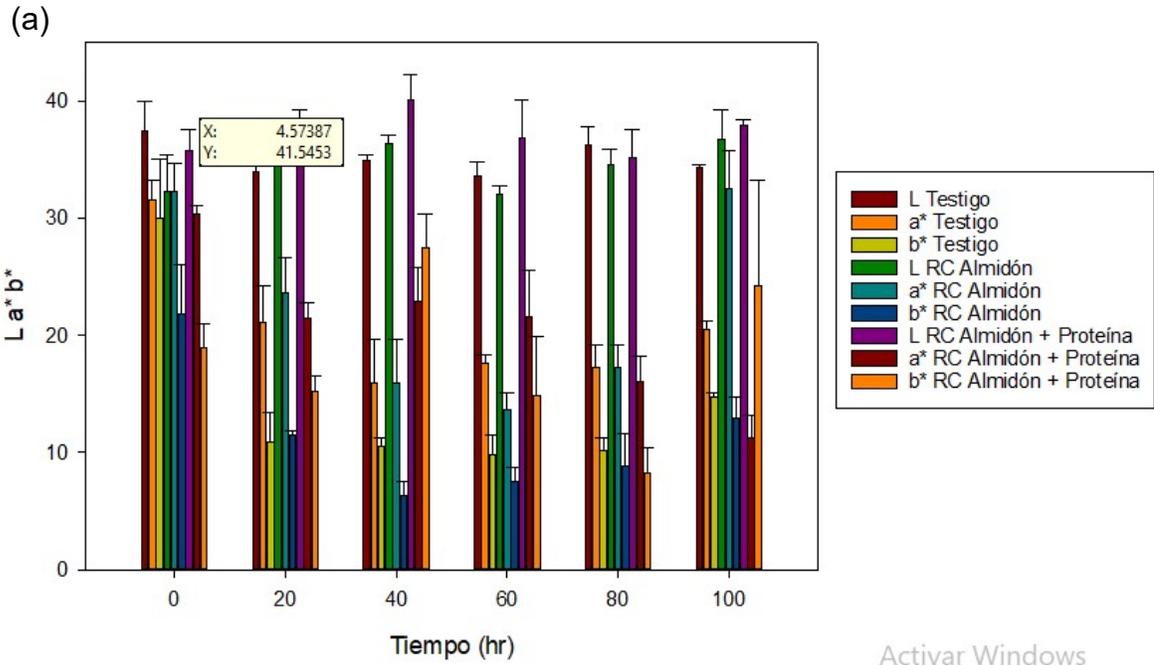
Figura 25 .Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el parámetro de firmeza (N) evaluados a una Hrel=60%.

Firmeza (N)					
Tratamientos	K (N/hr)			Factor Q_{10}	
	25°C	35°C	45°C	25-35°C	35-45°C
Testigo	-0.002255	0.001042	0.000254	3.07	2.86
RC Almidón	-0.000236	-0.000724	0.001528	2.62	2.47
RC Almidón + Proteína	-0.000452	0.000539	-0.000657	1.21	1.19

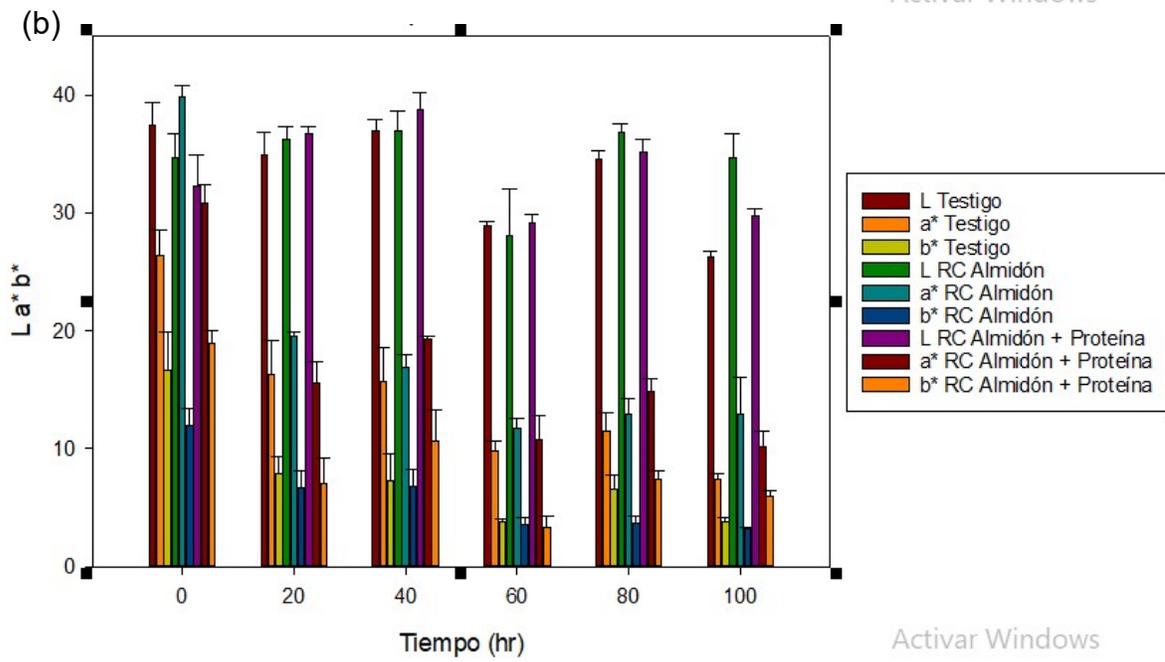
Un estudio realizado con recubrimientos a base de almidón de yuca y cera de carnauba en mando *Tommy Atkins* refrigerado mínimamente procesado citado por Dussán, (2013) se obtuvieron como resultados 14.71, 20.594 y 4.904N de firmeza, valores superiores a los obtenidos en el presente trabajo, los cuales con una humedad relativa de 60%. Otro estudio realizado en jitomate con recubrimiento formulado con almidón modificado de yuca, mostró valores de firmeza entre 8.91-2.54N (Ramos y col., 2018), así mismo un estudio realizado en manzanas recubiertas con proteína de soya, almidón de yuca y sorbitol mostraron una firmeza de 12.632-5.828N (Henriquez, 2016) datos por arriba de resultados expresados en este trabajo.

Parámetros de L, a*, b*

En cuanto a la variación de los parámetros de color L, a*, b* de fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas y condiciones extremas de humedad relativa (60%) se muestra en la fig. 29.



Activar Windows



Activar Windows

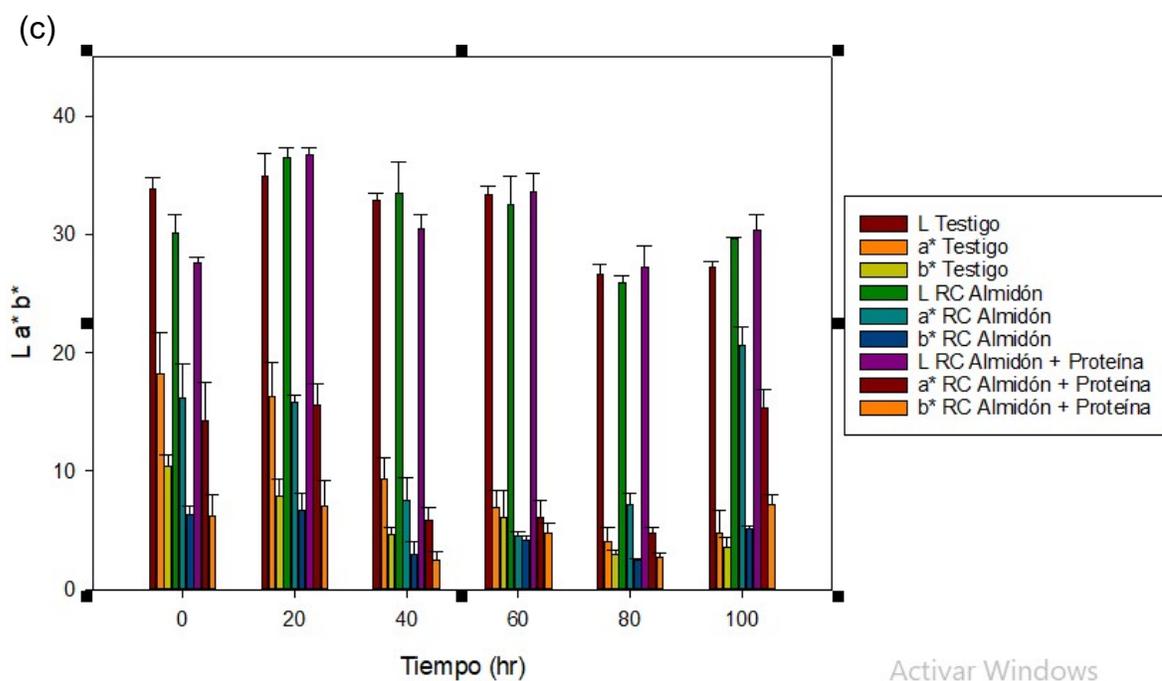


Figura 26 .Variación de los parámetros de color L, a*, b* de fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas: (a) 25°C, (b) 35°C, (c) 45°C.

De acuerdo con la figura 28 se muestra diferencia significativa entre la Luminosidad (L) y los parámetros de cromaticidad a*b* y con respecto de los diferentes tratamientos a la muestra testigo y sus respectivas temperaturas similares resultados reporta (Restrepo, 2010) en fresa con recubrimientos de gel mucilaginoso y cera de caruaba.

Los valores de L disminuyen en la muestra testigo, lo que sugiere que el uso de los recubrimientos mantiene la luminosidad del fruto evitando la deshidratación superficial, tales resultados coinciden con los reportados en el uso de recubrimientos comestibles con β -carateno nanoencapsulado aplicado en mango (Juárez ,2014).

Además los resultados no se encuentran de manera lineal son afectados por el tiempo medido en horas esta representación también se encuentra en recubrimientos comestibles a base de quitosano incorporados a melón estudio realizado por Hernández (2011).

En cuanto a la cromaticidad a^* los valores más altos se encuentran en la muestra cero con la temperatura de 25°C, en la escala b^* (tonalidad amarilla de la epidermis de la fresa) hay una disminución en la muestra con recubrimiento almidón-proteína con respecto de la muestra testigo estos valores coinciden con los reportados por (Sanz et al., 1999) en fresas recubiertas con mucílago de cactus.

La tabla 17 presenta la velocidad de cambio de los parámetros de luminosidad (L) y de los de cromaticidad a^* y b^* ; así como el factor Q_{10} .

Figura 27. Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para los parámetros L, a^* , b^* evaluados a una $H_{rel}=60\%$.

Tratamientos	K LUMINOSIDAD			Factor Q_{10}	
	25°C	35°C	45°C	25-35°C	35-45°C
Testigo	-0.010427	-0.071309	-0.085336	2.987767	2.789014
RC Almidón	-0.002736	-0.004336	-0.096009	6.180143	5.511251
RC Almidón + Proteína	- 0.020418	- 0.060555	-0.070418	1.904292	1.828690
Tratamientos	K a^*			Factor Q_{10}	
	25°C	35°C	45°C	25-35°C	35-45°C
Testigo	-0.063382	-0.127155	-0.167064	1.652876	1.601454
RC Almidón	-0.028855	-0.208618	-0.049146	1.341689	1.317114
RC Almidón + Proteína	-0.148718	-0.146736	-0.108355	1.175604	1.163703
Tratamientos	K b^*			Factor Q_{10}	
	25°C	35°C	45°C	25-35°C	35-45°C
Testigo	-0.075791	-0.082982	-0.063227	1.095824	1.089535
RC Almidón	-0.049646	-0.066827	-0.051882	1.026147	1.024482
RC Almidón + Proteína	-0.045591	-0.101409	-0.050909	1.06742	1.063056

De acuerdo a estos resultados se observa que para el parámetro L, la mayor velocidad de deterioro se presenta en frutos con recubrimiento de almidón, en tanto que la incorporación de la proteína de suero de leche a la formulación de la solución filmogénica reduce la pérdida de esta propiedad, incluso sobre el mismo fruto testigo (sin recubrimiento). Mientras que en la escala de cromaticidad a^* (coloraciones rojas a verdes), la mayor estabilidad se obtiene con el recubrimiento formulado con la mezcla almidón – proteína. Finalmente, la estabilidad de la coordenada b^* (coloración amarillo – azul) en la fresa podría considerarse semejante en presencia de cualquiera de los recubrimientos, siendo ligeramente mayor que el fruto testigo.

Parámetros de ΔE^*

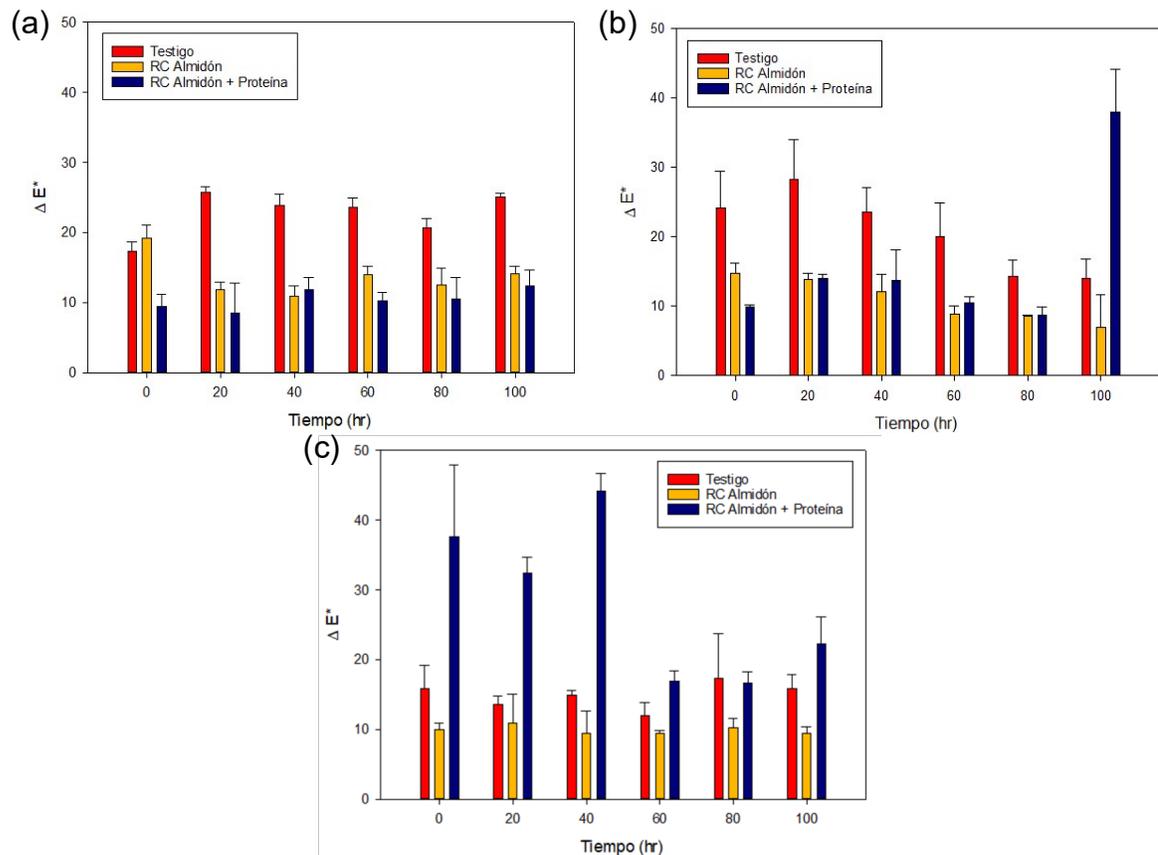


Figura 28. Variación de ΔE^* en fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas: (a) 25°C, (b) 35°C, (c) 45°C

En la figura 28 los estudios muestran diferencia significativa de ΔE en las muestra control con respecto de la muestras con recubrimientos en las temperaturas 25°C y 35°C, mientras que la temperatura 45°C se registró una gran diferencia de color en las muestra almidón-proteína con respecto de las muestras control y recubrimiento con almidón; esto puede atribuirse a la incorporación de la proteína incorporada en polvo con diferente color al almidón por si solo lo que presenta menor transparencia. Mismos resultados se encuentran en estudios realizados en conservación de fresas con recubrimientos elaborados de gel de mucilago, trabajo realizado por Restrepo (2010).

Tabla 17. Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el parámetro de (ΔE) evaluados a una $H_{rel}=60\%$

Tratamientos	ΔE^*			Factor Q_{10}	
	25°C	35°C	45°C	25-35°C	35-45°C
Testigo	-0.001345	-0.150991	0.003755	1.779964	1.716572
RC Almidón	-0.038018	-0.065655	-0.014291	1.637818	1.587778
RC Almidón + Proteína	0.014364	0.186527	-0.249600	4.419815	4.025433

Parámetros de Antocianinas Totales

Los pigmentos responsables del color rojo de la fresa son las antocianinas, siendo además indicadores de la maduración de las frutas (Montero y col., 1996). La intensidad y estabilidad de las antocianinas depende de la estructura y concentración del pigmento. El color también depende de la temperatura, intensidad de la luz, presencia de otros pigmentos, iones metálicos, oxígeno, ácido ascórbico, azúcares y otros compuestos (Laleh y col., 2006)

La figura 30 muestra la variación del contenido de antocianinas totales en fresa con y sin recubrimientos (almidón y almidón -proteína) respecto del tiempo, en condiciones de

60%de Humedad relativa y a diferente temperatura.

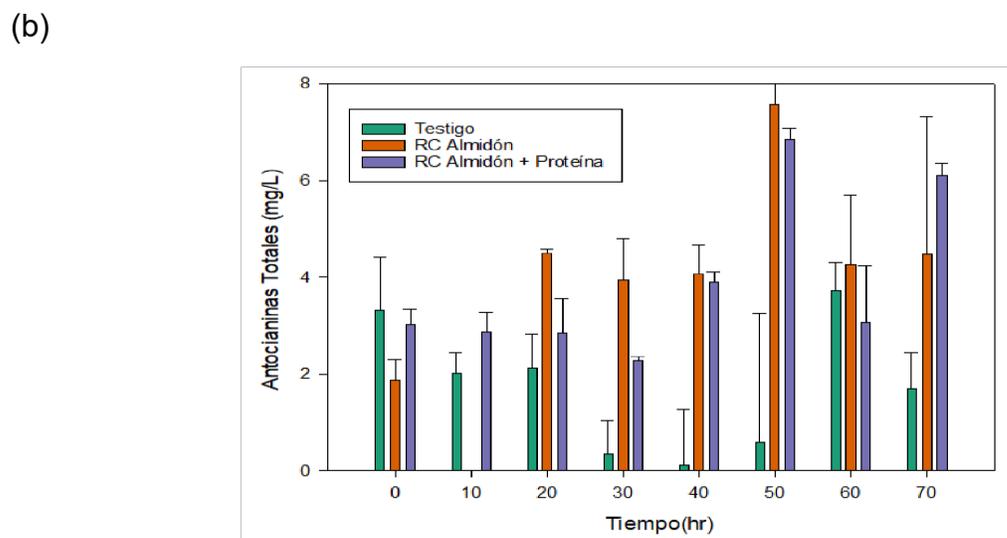
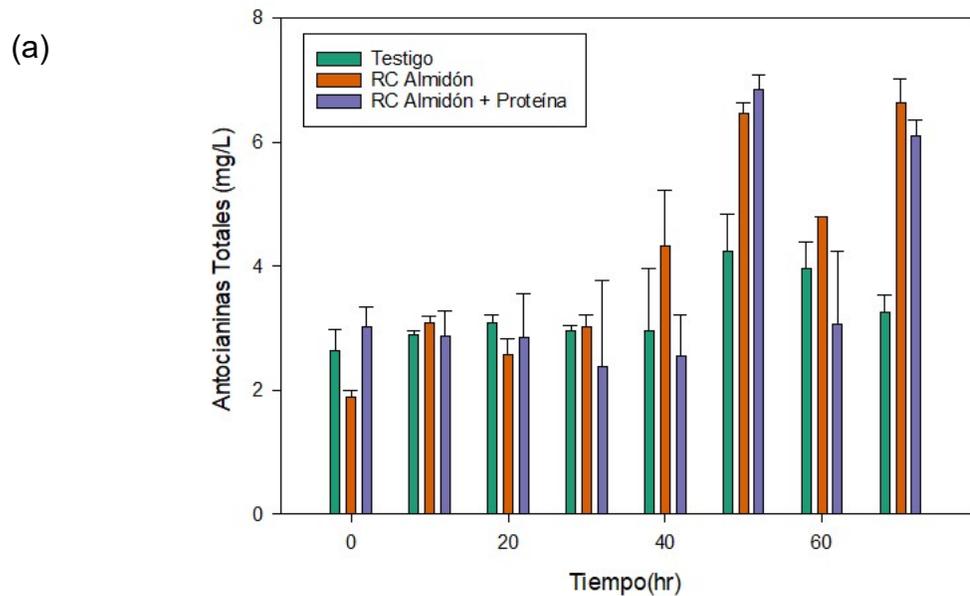


Figura 29 Variación del contenido de antocianinas totales en fresa con y sin recubrimiento a diferentes temperaturas:(a) 25°C, (b) 35°C.

Tabla 18. Estimación de velocidad de deterioro (K) y factor Q_{10} para el contenido de Antocianinas Totales evaluadas a una $H_{rel}=60\%$

Tratamientos	K Antocianinas Totales		Factor Q_{10}
	25°C	35°C	
Testigo	0.015628	-0.009333	1.674396
RC Almidón	0.065086	0.062648	1.000004
RC Almidón + proteína	0.041354	0.043093	1.002584

Los resultados anteriores muestran que la mayor estabilidad en cuanto al contenido de antocianinas se observó en fresa que estaba protegida con los recubrimientos comestibles, siendo similar en ambos recubrimientos. Así mismo, la coloración roja y la madurez del fruto en cuestión.

Beltrán (2015) reporta que la fresa variedad vesca es rica en antocianinas, y en conjunto con López y col., (2002) mencionan que dicha variedad contiene 40 ml de antocianinas por cada 100 g de fresa. Por su parte, Debnath & Richard mencionan que esta variedad de fresa contiene 35.1 ml por cada 100 g. por lo anterior, Beltrán (2002) concluye que la cantidad de antocianinas se verá afectada por las condiciones climáticas a las que se encuentre la fresa, ya que la luz sintetiza más antocianinas en éstas. Estos valores son similares a los obtenidos en el presente trabajo, ya que el tiempo y la temperatura influyen en el contenido de antocianinas.

V. CONCLUSIONES

La caracterización fisicomecánica de los recubrimientos formulados en el presente trabajo indicaron que la formulación de almidón de jícama con proteína de suero de leche, presentó una menor solubilidad respecto a los formulados únicamente con almidón, lo cual resulta benéfico, cuando la aplicación de estos se lleva a cabo en frutos con alto contenido de humedad, como lo es la fresa. Cabe mencionar que la presencia de la matriz proteica no afecta significativamente la permeabilidad al vapor de agua del recubrimiento, respecto a la sola presencia del polisacárido.

En cuanto al grado de flexibilidad y elongación, el recubrimiento elaborado con ambos biopolímeros fue el que presentó un mejor comportamiento, siendo ligeramente mayor al elaborado únicamente con el almidón.

En las propiedades físicas y bioquímicas de la fresa, se obtuvo que tanto la firmeza y el color del fruto en presencia de ambos recubrimientos, muestran mejor estabilidad en ambas propiedades, comparados con la muestra testigo. Observando un menor deterioro en el tiempo en que fueron monitoreados. En cuanto a la velocidad de degradación de las antocianinas, es menor en presencia de ambas formulaciones de recubrimientos respecto al testigo, presentando una disminución considerable de estos analitos en este último.

Se recomienda la utilización del recubrimiento a base de almidón de jícama – proteína de suero de leche en fresa por sus adecuadas propiedades fisicomecánicas, confiriéndole al fruto una mayor estabilidad en sus propiedades físicas y bioquímicas, prolongando con esto su vida de anaquel. Adicionalmente se sugiere como trabajo a futuro, la exploración de algún otro aditivo que la brinde una mayor luminosidad al fruto.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar. (Enero de 2006). *Lo dulce de la azucar* . Obtenido de Lo dulce de la azucar : <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num1/articulos/azucar/index>.
- Alija. (17 de 10 de 2021). *Fresa* . Obtenido de fresa : <https://www.joseanalija.com/fresa/>
- Antonio J. Meléndez-Martínez, I. M. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Scielo*, p4.
- ASOHOFrucOL (Administradora del Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, C. B. (28 de 09 de 2014). *Administradora del Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, CO*), *Base de datos (En línea): consultada* . Obtenido de en: <http://www.asohofrucol.com.co/>
- Azueto, C. R. (24 de Agosto de 2012). Modelos matematicos para estimacion de vida de los alimentos . San Salvador , San Salvador , Guatemala .
- Badui. (1990). *Quimica de alimentos* . Mexico : Mexicana.
- Badui, S. (2006). *Quimica de los Alimentos* . Mexico : Pearson .
- Baraona M., S. E. (1998). *Fruticultura especial (Manzana, Melocotón, Fresa y Mora)*.. San José, Costa Rica: Editorial EUNED, pp. 84-115.
- Barreiro M, J. A. (2006). Operaciones De Conservación De Alimentos Por Bajas Temperaturas, Caracas, Venezuela: Equinoccio.
- Bastías M, J. M. (2016). a vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 81–86. .
- Belitz, H. D. (2004). Fruits and fruit products. In *Food chemistry* (pp. 806-861). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Beltrán Alban, Á. J. (2010). Estudio de la vida útil de fresas (*fragaria vesca*) mediante Tratamiento con luz ultravioleta de onda corta uv-c (Bachelor's thesis).
- Beltran, A. C. (2015). Pigmento en frutas y hortalizas rojas:antociyaninas . udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf.
- Bianchi. (2011). Estudios de los parametros de calidad . *Redalyc*, pp 117-132.
- Bilbao-Sainz, C. A.-B. (2010). Composite edible films based on hydroxypropyl methylcellulose reinforced with microcrystalline cellulose nanoparticles. *Journal of agricultural and food chemis*.
- Bolívar. (17 de 10 de 2018). *Acido citrico: E estructura , Propiedades , produccion y usos* . Obtenido de Acido citrico: E estructura , Propiedades , produccion y usos : <https://www.lifeder.com/acido-citrico/>.
- Borja. (1983). *Como Conservar los alimentos* .
- Burton, G. J. (1983). ¿Es la vitamina E el único antioxidante soluble en lípidos que rompe cadenas en el plasma sanguíneo humano y las membranas de los eritrocitos? *Archivos de bioquímica y biofísica* , 221 (1), 281-290.
- Carmona, R. A. (2009). *Fresa (Fragaria ananassa)*. Bogotá: Bayer CropScience SA.
- Carrillo. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA* 2(3): 3.
- Chaves, N. &. (2004.). Combate del moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum*. *Agronomía costarricense*, 28(2), 73-85.

- Chiumarelli, M. C. (s.f.). Mango Pretreated with Citric Acid and Coated with Cassava (Manihot Esculenta Crantz) Starch or Sodium Alginate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12 (3) 381–387. (2011).
- Chordi. (18 de Marzo de 2013). *Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente*. Obtenido de Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle>
- Ciro, H. F. (2008). Cortés. Estudio preliminar del comportamiento reológico bajo compresión unidireccional de la pulpa de plátano (Musa AAB Simmonds). *Dyna*. Couto, M. A. (2010). Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*. 30(1), 15–19.
- Cuq, B. G. (1996). Propiedades funcionales del bioempaquete basado en proteínas miofibrilares afectadas por el espesor de la película. *Revista de ciencia de los alimentos* , 61 (3), 580-584.
- Dennis. (1984). Fruit development. Physiological basis of crop growth and development. M.B. Tesar. *American society of agronomi*, pp:265-288.
- Donoso. (1996). Determinación de Deterioro de Lípidos en. *Ciencias Quimica* , 27.
- Dussán. (2003). Procesado., Efecto de un Recubrimiento Comestible y de Diferentes Empaques durante el Almacenamiento Refrigerado de Mango Tommy Atkins Mínimamente. *Scielo*, pp8.
- Famá, L. F. (2006). Physical characterization of cassava starch biofilms with special reference to dynamic mechanical properties at low temperature . *Carbohydrate polymers*, pp 66(1), 8-15.
- Fernandez. (17 de 10 de 2021). *Alimente*. Obtenido de Alimento : https://www.alimente.elconfidencial.com/gastronomia-y-cocina/2021-04-19/fresa-fruta-mas-vitamina-c-naranja_1787818/ Fonseca.
- (2015). *Fresa* . Bogota : Nucleo Ambiental S.A.S .
- Garcia. (2009). Edible films and coatings for food applications. Springer new york 169203.
- García-Figueroa¹, A. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y. *U.D.C.A Actualidad y divulgacion científica* , 22.
- Giraldo, G. I. (2017). Propiedades Físicas del Jugo de Uchuva (Physalis peruviana). *Scielo*, 10.
- Giusti, M. (2001). Anthocyaninas: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy . *WROLSTAD, R.D. current protocols in food analytical chemistry New York*.
- Guerrero, P. R. (2010). Mechanical and thermal properties of soy protein films processed by casting and compression. *Journal of food engineering* , 100 pp145152.
- Guillén, M. V. (2009). Estructura y Propiedades de las Proteínas. Obtenido de <http://www.uv.es>: http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf. 34p.
- han, c. &. (2001). Physical and mechanical properties of pea-protein based edible films . *Journal of food science* , 66(2):319–322.
- Heldman, D. R. (1997). Principles of food processing. Freezing and frozen-food storage. . *Chapman & Hall. Nueva York.*, pp. 113-137.

- Hernández. Y. 2011. Evaluación de un recubrimiento comestible aplicado en melón minimante procesado. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. pp. 75
- Henríquez, J. (2016). *Optimización de revestimientos comestibles a base de proteína de soya, almidón de yuca y plastificantes en manzanas (Malus domestica)* . Zamorano, Honduras.
- Herrera, A. A. (2010). Poscosecha de perecederos: prácticas de laboratorio. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- INFOAGRO. (09 de 05 de 2018). *Post-cosecha de berries*. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/post-cosecha-de-berries>
- INFOAGRO. (14 de 05 de 2020). *Infoagro*. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/laimportancia-de-los-grados-brix-en-frutas-y-hortalizas/>
- Juárez. Y 2014. Efecto de la formulación de recubrimientos comestibles con β betacoreteno nanoencapsulado en la calidad de mango (*Mangifera indica*) manila fresco cortado. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma De México. Cuautitlán Izcalli. pp118
- Kader A A, N. F. (2002). Postharvest Handling Systems, Tropical Fruits. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. : *Division of Agricultural and Natural Resources, USA.* , pp:385-398.
- Kader, A. A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae. Acta Horticulturae*, pp:485,203-208.
- Kays, S. J. (s.f.). *Postharvest biology*. Athens, EE. UU.: Exon Press., 2004.
- Krochta. (1997). Edible and biodegradable polymer films: Challenge and oportunities . *Food Technology* , 61-74.
- Kuntz, L. (1999). Accelerated Shelf Life. *Testing*. Nueva York: Weeks Publishing Co.
- Labuza. (1982). "Shelf-life. Dating of Foods". *Westport, Connecticut. AVI Pub. Co*, 500.
- Labuza. (1993). Shelf-life prediction: Theory and application, Food contro. *Moinnesota, E.U.A., Vol. 4, N°3, pp.125-133*, Vol. 4, N°3, pp.125-133.
- Laleh, G. F. (2006). El efecto de la luz, la temperatura, el pH y las especies sobre la estabilidad de los pigmentos de antocianina en cuatro especies de Berberis. *Pakistan Journal of Nutrition* , 5 (1), 90-.
- León. Y. 2018. Desarrollo de películas comestibles a base de almidón acetilado y gelatina y su aplicación en un fruto modelo. Tesis de Posgrado. Universidad Autónoma De Sinaloa. Culiacan, Sinaloa. pp169.
- López Bueno, G., Castillo Alvarado, F. d., San Martín Martínez, E., Tomás, S. A., Cruz Orea. (2003). Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de biopelículas de pericarpio de maíz. *Redalyc*, 3.
- Ma.Alcantara. Y 2009. Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo de poscosecha y el transporte simulado. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica De Valencia Y Universidad De Guanaguato.Valencia, España.pp279

- Ma.Villamán. Y 2007.Elaboracion y caracterización de flims comestibles basadas en mezclas entre proteína de quínoa y quitosano. Tesis de Licenciatura. UNIVERSIDAD DE CHILE. Santiago de Chile.pp72
- Mardones, H. M. (2009). Etapas del cambio relacionadas con el consumo. *Archivos Latinoamericanos*, 304-309.
- Márquez Hernández, Y. M. (2010). Formulación y caracterización de recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche y almidones modificados (Doctoral dissertation).
- Martin, S. R. (2001). Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles . *Alimentaria. Septiembre*.
- Matelco. (12 de marzo de 2021). *matelco*. Obtenido de matelco: <https://www.matelco.es/control-de-la-carga-organica-en-agua-potable-segunda-parte/coagulacion-floculacion-sedimentacion/>
- McClemens. (1999). Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques. CRC Press, Boca Raton.
- McHugh. (s.f.). Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapour permeability and explanation of thickness effects. *J Food Sci.* 1993;58(4): 899903.
- Monahan, F., McClement, D., & Kinsella, J. (1993). Polymerization of whey protein stabilized emulsion. *Journal of Food Chemistry*. 41: 1826- 1829.
- Montero-Calderón, M. R.-G.-F. (2009). Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. Internal quality profile and influence of packaging conditions on fresh-cut pineapple, 69(3), 48-51. http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/48_51.pdf.
- Moreno, H. y. (2010). Elaboracion de recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante apartir de aceite de oregana (Origanun vulgare) aplicada a la ensalada primavera minimente propocesada de la empresa Defrescura. . *Tesis profesional. Univerisdad La Salle. Bogata. Colombia*.
- Nataly Saavedra H1, N. A. (17 de octubre de 2021). *Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas*. Obtenido de Google academico : <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/448/1099>
- Nielsen, P. .. (1999). Potential of biobased materials for food packiging. *Trends in Food Science and Technology*. 10, 52-68.
- Núñez. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación. *beroamericana de Tecnología Postcosecha*, 21-30.
- Ocampo J.A. (2003). Determinación de la vida de anaquel de café soluble elaborado por la empresa Decafé S.A. y evaluación del tipo de empaque en la conservación del producto. *Universidad Nacional de Colombia, Caldas, Colombia, Tesis de licenciatura*, pp:18-29.
- Orrego, C. E. (2016). Inactivación de peroxidasa en banano (Musa paradisiaca) por medio de tratamiento térmico y ultrasónico. . *Agronomía Colombiana*, 34(24), 457–460. .

- Osório., C. H. (2008). Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L). *Dyna*, 75(154), 39-46.
- Oxilia, R. M. (2014). Oxilia, R. M. (2014). Estrés Oxidativo y Sistema de Defensa Antioxidante. . *Revista del Instituto de Medicina Tropical*. 5(2), 23–27.
- Paliyath, G. M. (2008). Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers. Nueva York, EE. UU.: Wiley-Blackwell.
- Pandey, A. S. (2008). Current developments in solid-state fermentation. Springer Science & Business Media.
- Pavlath. (2008). Edible films and Coatings for food applications . *Spriger New York* 120.
- Perez-Gago. (1999). Water vapor permeability solunility, and tensile properties of heatdenatured versus native whey protein films . *Journal of food Science* , Vol 64: 1034-1037.
- Perkins-Veazie PM, H. D. (1996). n vitro growth and ripening of strawberry fruit in the presence of ACC. 105-116.
- Polo. (1998). Efecto de la temperatura, humedad relativa y tipo de. *Taylor y Francis* , 7.
- Potter, N. (1978). *La ciencia de los alimentos* . México D.F: Edutex S.A. .
- Quintana. (2003). *Microestructura, estabilidad y propiedades reológicas de*. Mexico: Universidad universal de la plata.
- Ramos., M. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Redalyc* , pp16.
- Restrepo. (2010). Conservación de fresa (*fragaria x ananassa* duch cv. camarosa) mediante la aplicaciónde recubrimientos comestibles de gelmucilaginoso de penca sábila (*aloe barbadensis miller*) y cera de carnaúba. *Vitae*, pp13.
- Rodriguez. (2005). *Evaluacion sensorial de vegetales frescos y minimente procesados*. . Obtenido de <http://www.fc.ai.uncu.edu.ar/upload/29atc-rodriguezunse.pdf>.
- Rodriguez. (12 de Marzo de 2021). *consecuencias higienicas de la alteracion de los alimentos*. Obtenido de consecuencias higienicas de la alteracion de los alimentos : http://www.aeemt.com/contenidos_socios/Recursos/Documentos_interes/Consecuencia_Higienica_Alteracion_Alimentos_2012.pdf
- Rodríguez, G. y. (2012). Capacidad de propagación y calidad de planta de variedades Mexicanas y extranjeras de fresa». En: *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18.1, 113-123. Online: <https://>.
- Rondon E., P. E. (2004). Estimación de la vida útil de un análogo . *Revista de la facultad de agronomía*, Vol. 21, pp. 68-83 .
- Saavedra. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca. *Publicacion científica en ciencias biomedicas*, pp12 .
- Salunkhe, D. K. (1991). Storage, processing and nutritional quality of fresh fruits and vegetables: Vol. I. Fresh fruits and vegetables (2a ed.). Boca Raton, EE. UU.: crc Press.

- Sánchez-Villanueva, R. F. (2010). Recubrimientos comestibles a base de caseinato sodico con capacidad antioxidante. Grupo de Investigacion e Inovacion Alimentaria. Departamento de Tecnologia de Alimento . Univerisidad Politecnica de Valencia. .
- Silva. (2011). Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerai.
- Skrede, G. (1996). *Fruits. En L.E. Jeremiah (ed.). Freezing effects on food quality Marcel Dekker, Inc. . Nueva York, EE.uu: pp.183-245.*
- Sosa. (2016). Efecto de un recubrimiento comestible elaborado a base de almidón de jícama (*pachyrhizus erosus* l. urban) en la vida de anaquel de la fresa”. Saltillo,Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Steele, B., A, S., & K., Z. (2006). Research snapshot: Accelerated shelf life testing (en línea). Consultado 12 sep. 2007. Disponible en. www.foodscience.csiro.au/fns/2/fns2d.htm.
- Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendtn. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 62(4), 381-388.
- Torres, R. M. (2015). Influencia del color y estados de madurez sobre la textura de frutas tropicales (Mango, Papaya y Plátano). Información tecnológica, 26(3), 4752.
- Tung, M., Brito, I., & Yada, S. (2001). Packaging considerations. In Eskin, M; Robinson, D. eds. Food shelf life stability. US. p. 3-36.
- Valencia. (2015). *Aplicación de recubrimientos comestibles (gelatina, glicerol, tween, ácido cítrico y glucosa) y su efecto en el tiempo de vida útil de fresa (Fragaria ananassa) variedad albión*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Valentas K.J., R. E. (1977). Handbook of food engineering practice New . *New York, E.UA., pp.*, pp.366-408.
- Veazie, P. (1995). Growth ang ripening of strawberry fruit. Hort. . Rev 17. 267-297.
- Vignoni, L. A. (2006). Determinación de índice de color en ajo picado. Información tecnológica, 17(6), 63-67.
- Wills, R. M. (2007). Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals (5a ed.). wallingford, reino unido: centre for agriculture and bioscience international (cabi).
- Zamarrón, r. (2014). quitosanos de *cherax quadricarinatus* utilizados como recubrimientos comestibles sobre. *ciencia y tecnol. agropec*, 8.

ANEXO I Análisis Estadístico de las Propiedades Físico – Mecánicas de Recubrimientos Comestibles

Analysis of Variance Report

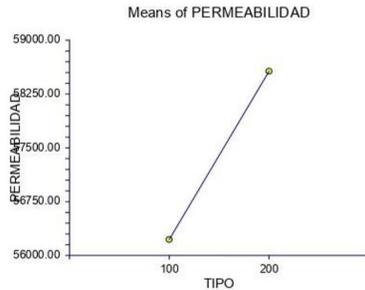
Page/Date/Time 1 27/01/2022 12:05:50 a. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS.S0
 Filter
 Response PERMEABILIDAD

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TIPO	1	8246822	8246822	0.74	0.437859	0.103374
S	4	4.451269E+07	1.112817E+07			
Total (Adjusted)	5	5.275951E+07				
Total	6					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: PERMEABILIDAD
 Term A: TIPO: 100 (ALMIDON), 200 (ALMIDON + PROTEINA)

Alpha=0.050 Error Term=S DF=4 MSE=1.112817E+07 Critical Value=3.9263

Group	Count	Mean	Different From Groups
100	3	56221.8	
200	3	58566.56	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

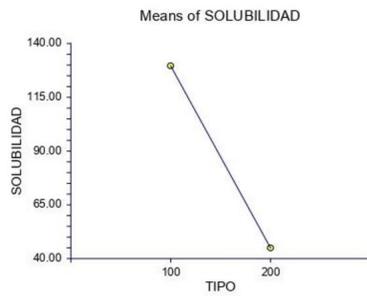
Page/Date/Time 1 27/01/2022 12:08:52 a. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS.S0
 Filter
 Response SOLUBILIDAD

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TIPO	1	10745.99	10745.99	2.34	0.200773	0.219888
S	4	18363.61	4590.902			
Total (Adjusted)	5	29109.6				
Total	6					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: SOLUBILIDAD
 Term A: TIPO: 100 (ALMIDON), 200 (ALMIDON + PROTEINA)

Alpha=0.050 Error Term=S DF=4 MSE=4590.902 Critical Value=3.9263

Group	Count	Mean	Different From Groups
200	3	44.94879	
100	3	129.5892	

Notes:
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

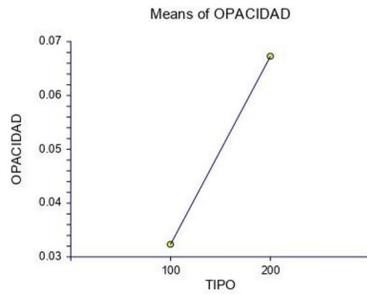
Page/Date/Time 1 27/01/2022 12:13:14 a. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS.S0
 Filter
 Response OPACIDAD

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TIPO	1	2.319487E-03	2.319487E-03	4.95	0.090047	0.398433
S	4	1.873033E-03	4.682583E-04			
Total (Adjusted)	5	4.19252E-03				
Total	6					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: OPACIDAD
 Term A: TIPO: 100 (ALMIDON), 200 (ALMIDON + PROTEINA)

Alpha=0.050 Error Term=S DF=4 MSE=4.682583E-04 Critical Value=3.9263

Group	Count	Mean	Different From Groups
100	3	0.0276	
200	3	6.692334E-02	

Notes:
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

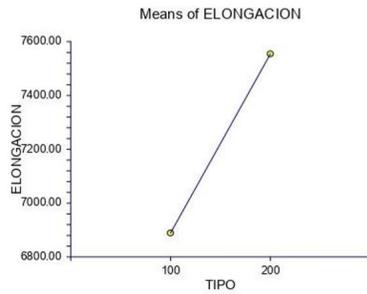
Page/Date/Time 1 27/01/2022 12:14:21 a. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS.S0
 Filter
 Response ELONGACION

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TIPO	1	664314.8	664314.8	0.57	0.493587	0.090682
S	4	4692125	1173031			
Total (Adjusted)	5	5356439				
Total	6					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: ELONGACION
 Term A: TIPO: 100 (ALMIDON), 200 (ALMIDON + PROTEINA)

Alpha=0.050 Error Term=S DF=4 MSE=1173031 Critical Value=3.9263

Group	Count	Mean	Different From Groups
100	3	6888.743	
200	3	7554.233	

Notes:
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

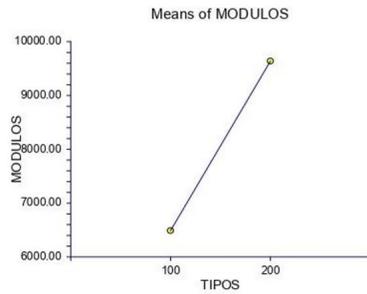
Page/Date/Time 1 27/01/2022 12:27:53 a. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS.S0
 Filter
 Response MODULO DE YOUNG

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TIPOS	1	2.977822E+07	2.977822E+07	0.93	0.358050	0.140942
S	10	3.20817E+08	3.20817E+07			
Total (Adjusted)	11	3.505952E+08				
Total	12					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: MODULO DE YOUNG
 Term A: TIPOS (100 = ALMIDON) (200 = ALMIDON + PROTEINA)

Alpha=0.050 Error Term=S DF=10 MSE=3.20817E+07 Critical Value=3.1511

Group	Count	Mean	Different From Groups
100	6	6487.719	
200	6	9638.286	

Notes:
 This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

INFORME DATOS

Descripción Muestra : ALMIDON + PROTEINA

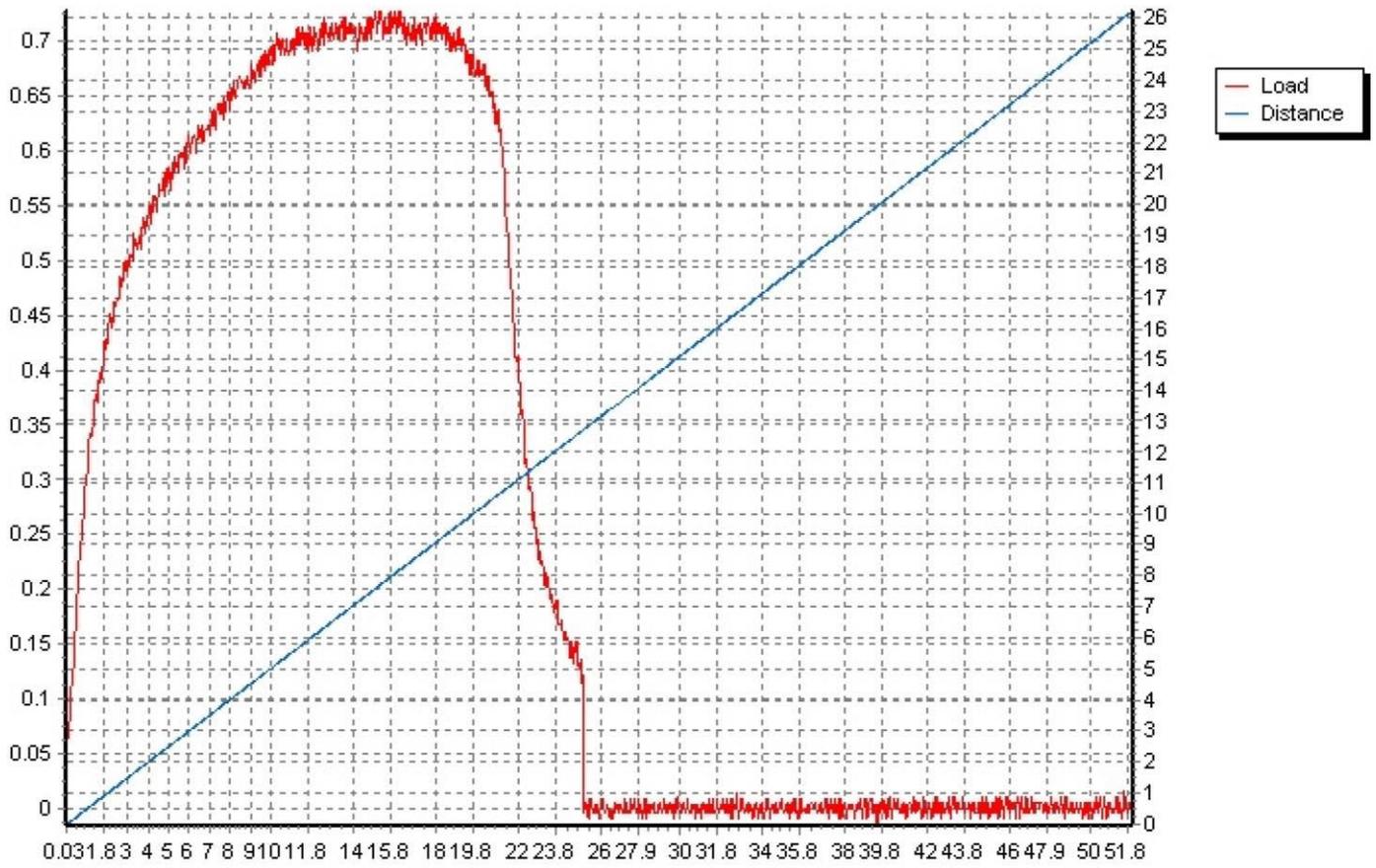
Nombreppr Producto: 1-05-21	Note:
Nombre de lote: Ejemplo:7	ppr r6
Dimensiones:	
Forma: Bloque	
Longitud: 74.60 mm	
Anchura: 10.00 mm	
Altura: 0.06 mm	

Método Test

Fecha: 31/05/2021	Hora: 10:56:31a.
Tipo de Test: Tensión	Tpo. m s
Objetivo: 50.0 %	Recuperación: Falso
Esperar t. 0 s	Mismo activador: Falso
Carga Activación: 0.067 N	Velocidad: 1.00 mm/s
Vel. Test: 0.50 mm/s	Fr. Muestreo: 30.00 points/sec
Velocidad Vuelta: 2 mm/s	Pretest: Sonda: NONE
Contador ciclo: 1.0	Elemento: TA-DGA
Target Type: Deformation %	Celda Carga: 4500g

Resultados

Ciclo 1 de Trabajo Total:	0.00	mJ
Longitud Extensibilidad:	0.00	mm
Fracturabilidad:	0.00	N
	con 1% de sensibilidad de carga	
Caida Carga 1ª Fractura:	0.00	N
	con 1% de sensibilidad de carga	
% Deformación 1ª Fractura:	0.00	%
	con 1% de sensibilidad de carga	
Carga Media:	0.42	N
	entre 0 v 34 s	
Pico Carga:	0.73	N
Deformación según Pico Fuerza:	8.21	mm
Trabajo:	7.16	mJ
Carga Final:	0.00	N
Longitud de la muestra:	74.60	mm



INFORME DATOS

Descripción Muestra

Nombre pprp
 Producto: 31-05-21
 Nombre de lote: 31-05-21

Note:
 pprp r5

Ejemplo: 4

Dimensiones:

Forma: Bloque
 Longitud: 74.26 mm
 Anchura: 10.00 mm
 Altura: 0.10 mm

Método Test

Fecha: 31/05/2021

Hora: 10:39:25 a.

Tipo de Test: Tensión

Tpo. 0 s

Objetivo: 50.0 %

Recuperación: Falso

Esperar t.: 0 s

Velocidad 1.00 mm/s

Carga Activación: 0.067 N

Fr. Muestreo: 30.00 points/sec

Vel. Test: 0.50 mm/s

Sonda: NONE

Velocidad Vuelta: 2 mm/s

Elemento: TA-DGA

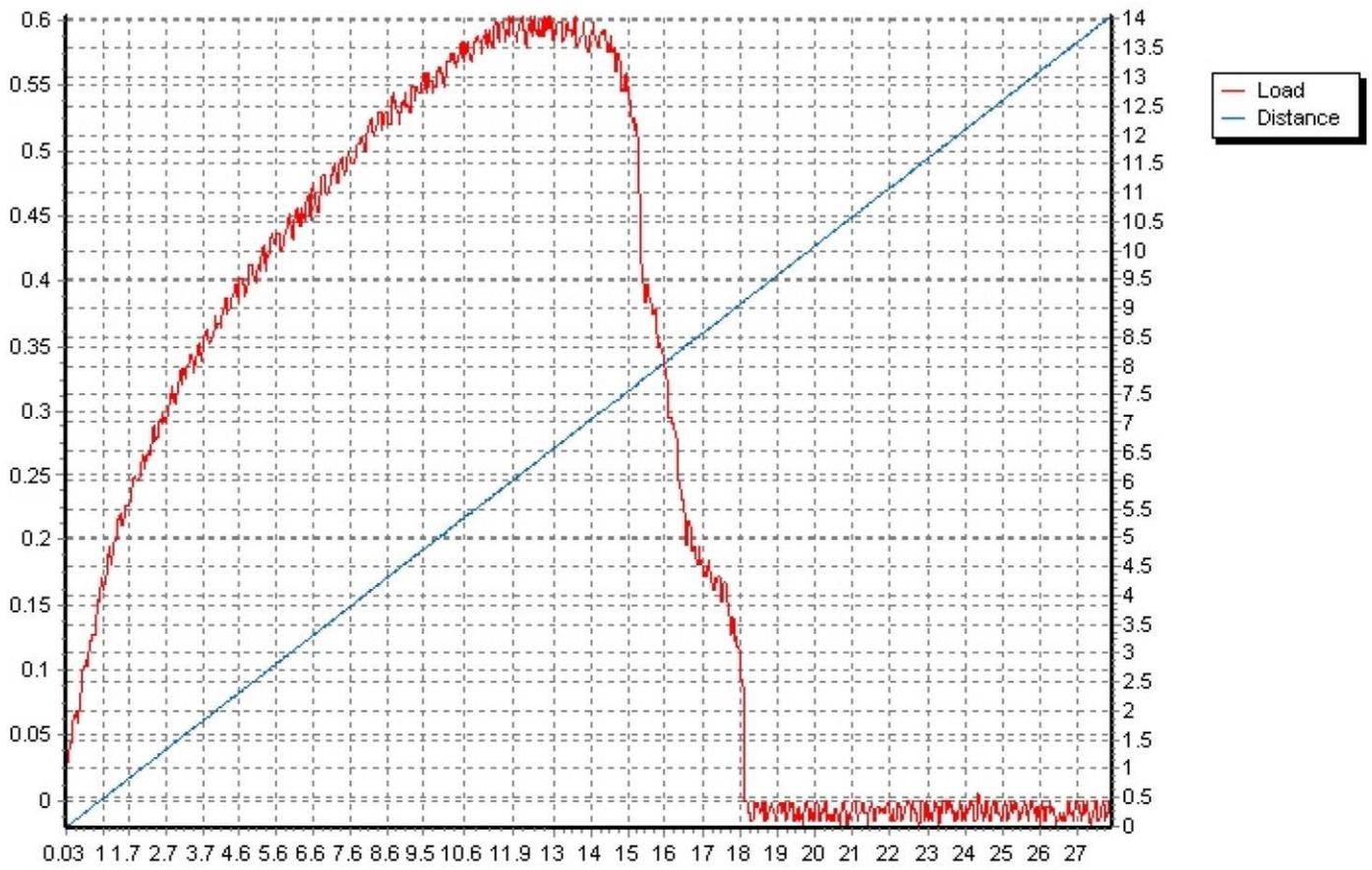
Contador ciclos: 1.0

Celda Carga: 4500g

Target Type: Deformation %

Resultados

Ciclo 1 de Trabajo Total:	0.00	mJ
Longitud Extensibilidad:	0.00	mm
Fracturabilidad:	0.00	N
	con 1% de sensibilidad de carga	
Caida Carga 1ª Fractura:	0.00	N
	con 1% de sensibilidad de carga	
% Deformación 1ª Fractura:	0.00	%
	con 1% de sensibilidad de carga	
Carga Media:	0.27	N
	entre 0 y 34 s	
Pico Carga:	0.60	N
Deformación según Pico Fuerza:	6.83	mm
Trabajo:	3.76	mJ
Carga Final:	0.00	N
Longitud de la muestra:	74.26	mm



INFORME DATOS

Descripción Muestra **Muestras únicamente con almidón**

Nombre acm-aeo

Nombre de lote: acm

Ejemplo: 229

Dimensiones:

Forma: Bloque

Longitud: 94.67 mm

Anchura: 10.00 mm

Altura: 0.13 mm

Note:

prueba 2

Método Test

Fecha: 11/06/2021

Hora: 05:25:10 p.

Tipo de Test: Tensión

Tpo. m s

Objetivo: 50.0 %

Recuperación: Falso

Esperar t.: 0 s

Velocidad 2.00 mm/s

Carga Activación: 0.067 N

Fr. Muestreo: 30.00 points/sec

Vel. Test: 0.50 mm/s

Sonda: NONE

Velocidad Vuelta: 2 mm/s

Elemento: TA-DGA

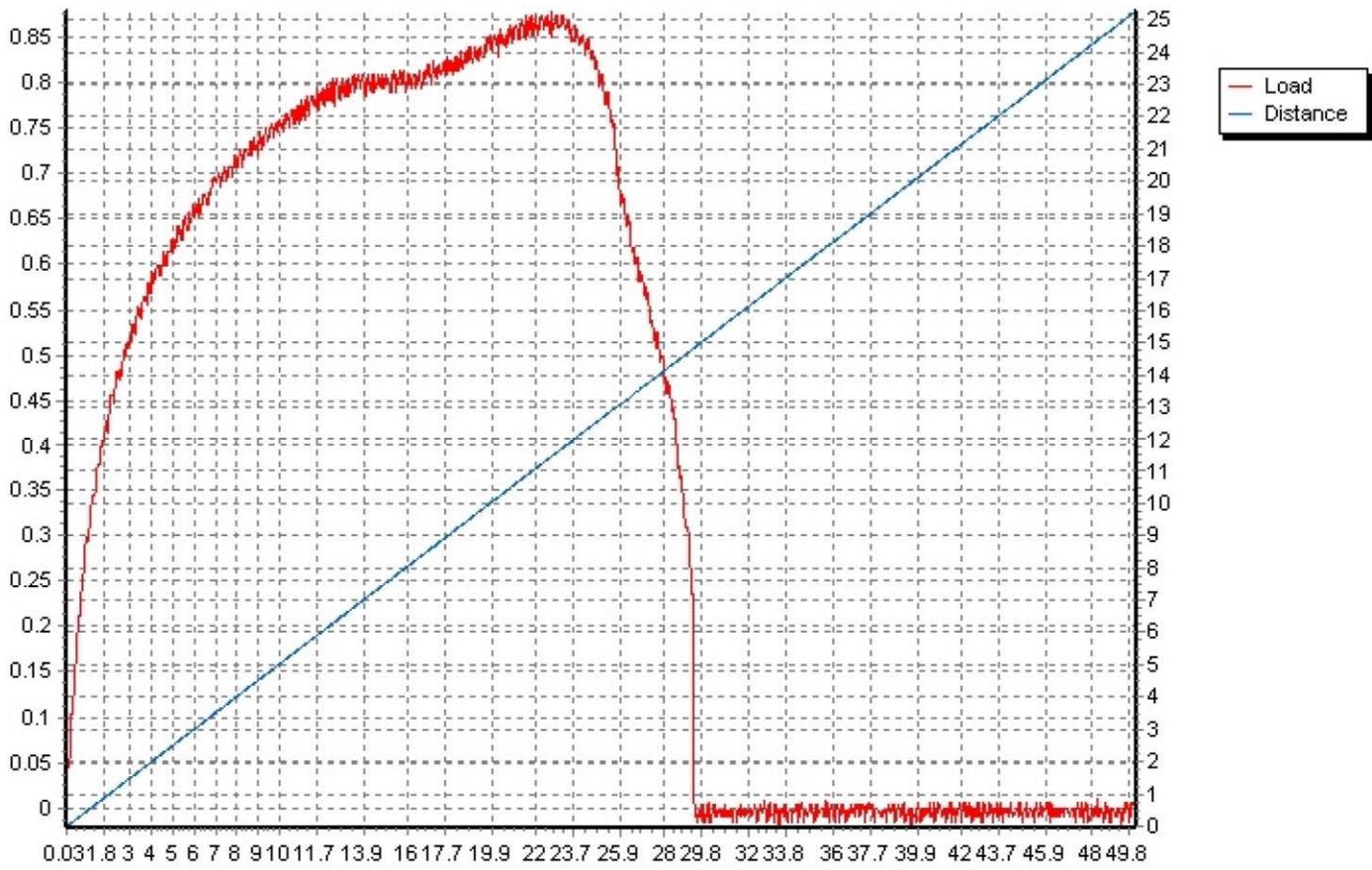
Contador ciclos: 1.0

Celda Carga: 4500g

Target Type: Deformation %

Resultados

Ciclo 1 Dureza:	0.00	N
Deformación según Dureza:	0.00	mm
%Deformación según dureza:	0.00	%
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	0.00	mJ
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	0.00	mm
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	0.00	mJ
Ciclo 1 de Trabajo Total:	0.00	mJ
Carga a objetivo:	0.00	N
Deformación a Objetivo:	0.00	mm
%Deformación según objetivo:	0.00	%
Pico Presión:	0.00	Pa
Deformación en Pico de Carga:	0.00	
Fuerza adhesividad:	0.00	N
Adhesividad:	0.00	mJ



INFORME DATOS

Descripción Muestra

Nombre acm-aeo
 Producto:
 Nombre de lote: acm
 Ejemplo: 226
 Dimensiones:
 Forma: Bloque
 Longitud: 94.79 mm
 Anchura: 10.00 mm
 Altura: 0.10 mm

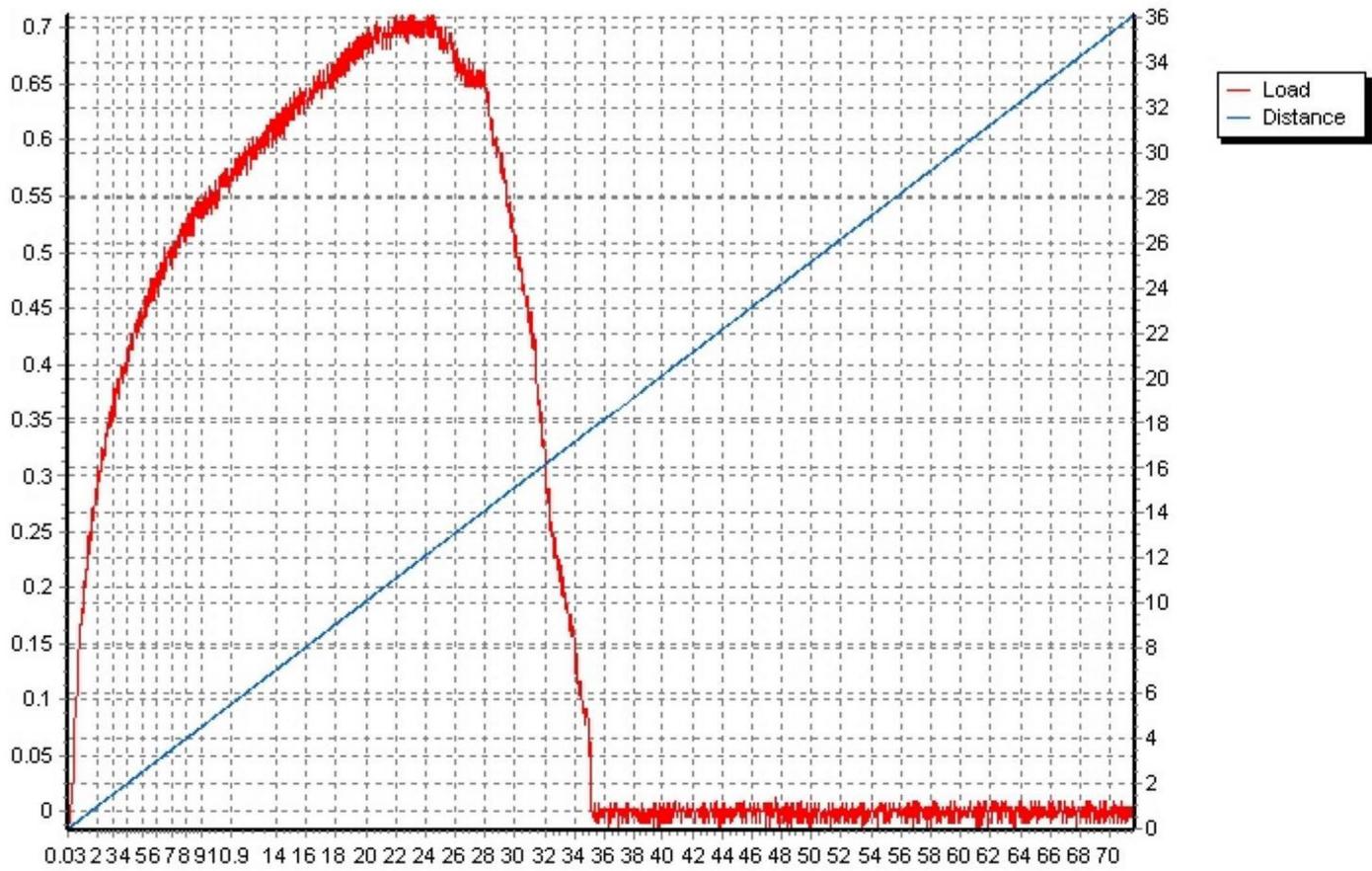
Note:
 prueba 2

Método Test

Fecha: 11/06/2021	Hora: 05:06:34 p.
Tipo de Test: Tensión	Tpo. m s
Objetivo: 50.0 %	Recuperación: Falso
Esperar t.: 0 s	Velocidad 2.00 mm/s
Carga Activación: 0.067 N	Fr. Muestreo: 30.00 points/sec
Vel. Test: 0.50 mm/s	Pretest: NONE
Velocidad Vuelta: 2 mm/s	Sonda: TA-DGA
Contador ciclos: 1.0	Elemento: TA-DGA
Target Type: Deformation %	Celda Carga: 4500g

Resultados

Ciclo 1 Dureza:	0.00	N
Deformación según Dureza:	0.00	mm
%Deformación según dureza:	0.00	%
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	0.00	mJ
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	0.00	mm
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	0.00	mJ
Ciclo 1 de Trabajo Total:	0.00	mJ
Carga a objetivo:	0.00	N
Deformación a Objetivo:	0.00	mm
%Deformación según objetivo:	0.00	%
Pico Presión:	0.00	Pa
Deformación en Pico de Carga:	0.00	
Fuerza adhesividad:	0.00	N
Adhesividad:	0.00	mJ



ANEXO I Análisis Estadístico de las Propiedades Físicas y Bioquímicas de Fresa

Analysis of Variance Report

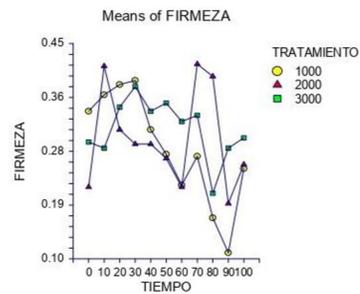
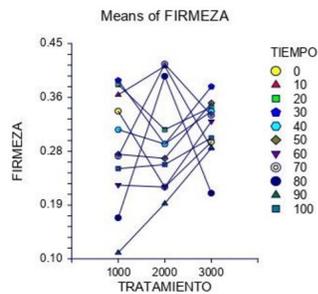
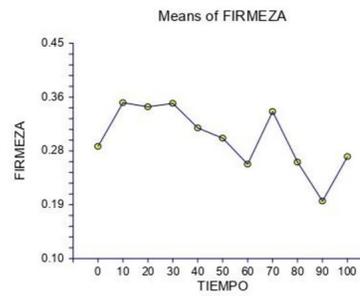
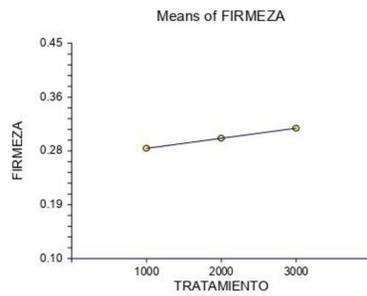
Page/Date/Time 1 26/01/2022 10:24:03 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=25
 Response FIRMEZA

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	1.767273E-02	8.836363E-03	0.87	0.422405	0.194163
B: TIEMPO	10	0.2352545	2.352545E-02	2.32	0.020581*	0.896515
AB	20	0.2741939	0.0137097	1.35	0.178319	0.820715
S	66	0.6679333	0.0101202			
Total (Adjusted)	98	1.195055				
Total	99					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 10:24:03 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=25
Response FIRMEZA

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=66 MSE=0.0101202 Critical Value=3.3909

Group	Count	Mean	Different From Groups
1000	33	0.2790909	
2000	33	0.2954545	
3000	33	0.3118182	

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=66 MSE=0.0101202 Critical Value=4.7151

Group	Count	Mean	Different From Groups
90	9	0.1933333	30, 10
60	9	0.2533333	
80	9	0.2566667	
100	9	0.2655556	
0	9	0.2822222	
50	9	0.2955556	
40	9	0.3122222	
70	9	0.3388889	
20	9	0.3466667	
30	9	0.3522222	90
10	9	0.3533333	90

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

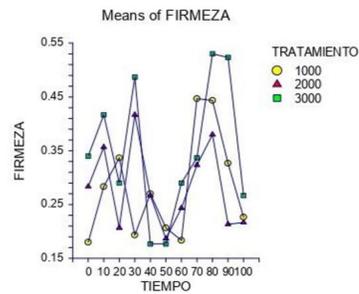
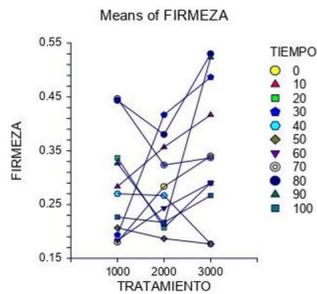
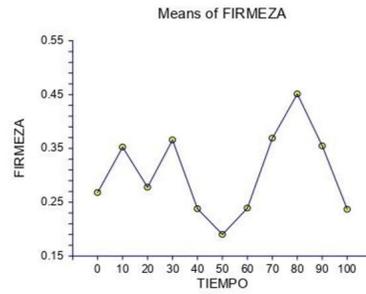
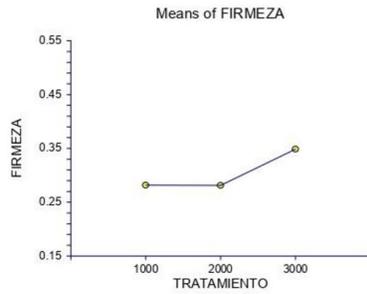
Page/Date/Time 1 26/01/2022 10:31:22 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=35
 Response FIRMEZA

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	9.911717E-02	4.955859E-02	4.49	0.014791*	0.749834
B: TIEMPO	10	0.5639839	5.639838E-02	5.11	0.000017*	0.999406
AB	20	0.3826828	1.913414E-02	1.74	0.049347*	0.923042
S	66	0.7277333	1.102626E-02			
Total (Adjusted)	98	1.773517				
Total	99					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 10:31:22 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=35
Response FIRMEZA

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=66 MSE=1.102626E-02 Critical Value=3.3909

Group	Count	Mean	Different From Groups
2000	33	0.2812121	3000
1000	33	0.2815152	3000
3000	33	0.3484848	2000, 1000

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=66 MSE=1.102626E-02 Critical Value=4.7151

Group	Count	Mean	Different From Groups
50	9	0.19	30, 70, 80
100	9	0.2366667	80
40	9	0.2377778	80
60	9	0.2388889	80
0	9	0.2677778	80
20	9	0.2777778	80
10	9	0.3522222	
90	9	0.3544444	
30	9	0.3655556	50
70	9	0.3688889	50
80	9	0.4511111	50, 100, 40, 60, 0, 20

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

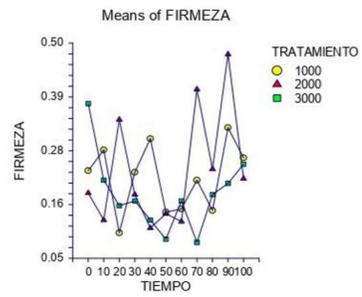
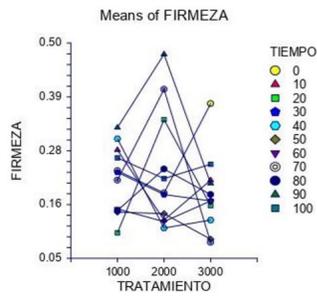
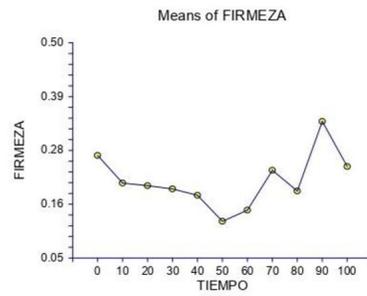
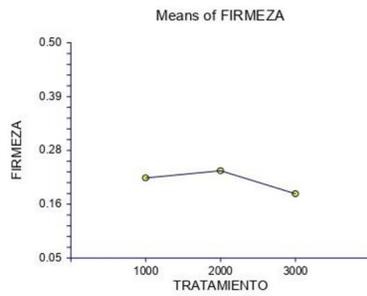
Page/Date/Time 1 26/01/2022 10:33:32 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=45
 Response FIRMEZA

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	4.006262E-02	2.003131E-02	3.62	0.032303*	0.649549
B: TIEMPO	10	0.290996	0.0290996	5.26	0.000012*	0.999560
AB	20	0.499404	0.0249702	4.51	0.000002*	0.999990
S	66	0.3654667	5.537374E-03			
Total (Adjusted)	98	1.195929				
Total	99					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

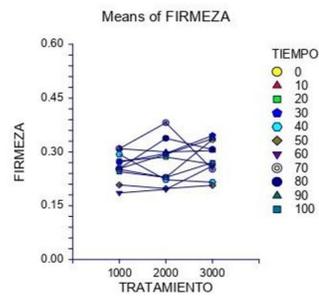
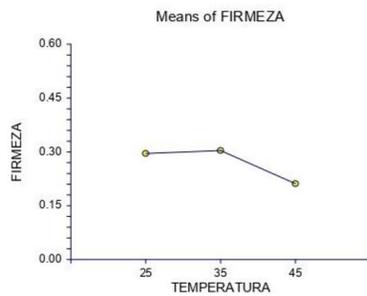
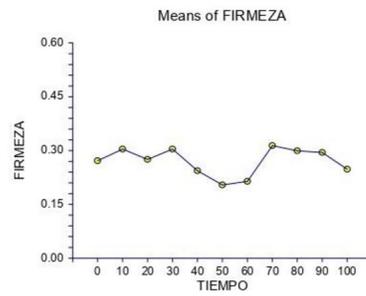
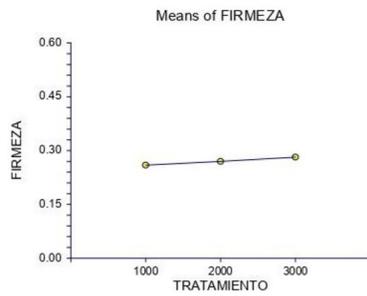
Page/Date/Time 1 26/01/2022 10:36:50 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter
 Response FIRMEZA

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	2.447744E-02	1.223872E-02	1.38	0.254999	0.293766
B: TIEMPO	10	0.3880916	3.880916E-02	4.36	0.000016*	0.998792
AB	20	0.2718781	1.359391E-02	1.53	0.075032	0.927374
C: TEMPERATURA	2	0.5177906	0.2588953	29.11	0.000000*	1.000000
AC	4	0.1323751	3.309377E-02	3.72	0.006064*	0.880063
BC	20	0.7021428	3.510714E-02	3.95	0.000000*	0.999992
ABC	40	0.8844027	2.211007E-02	2.49	0.000019*	0.999987
S	198	1.761133	8.894613E-03			
Total (Adjusted)	296	4.682292				
Total	297					

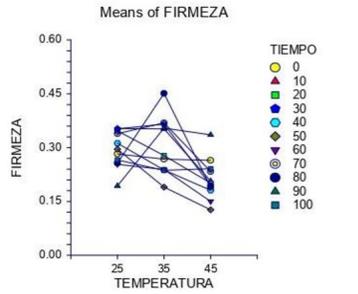
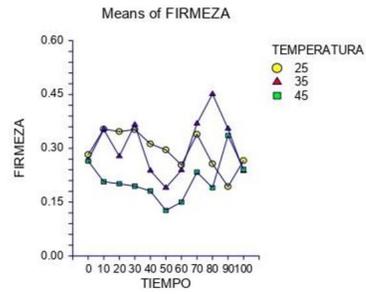
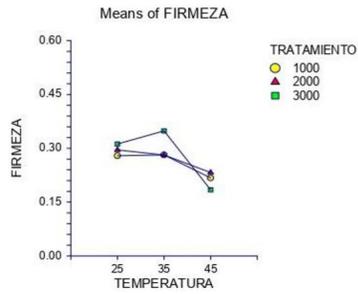
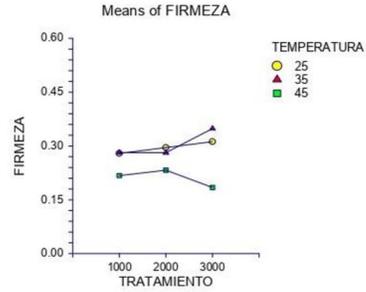
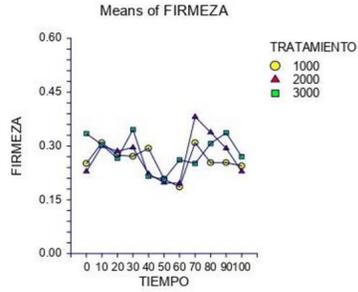
* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 10:36:50 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter
 Response FIRMEZA



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 3 26/01/2022 10:36:50 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter
Response FIRMEZA

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=198 MSE=8.894613E-03 Critical Value=3.3396

Group	Count	Mean	Different From Groups
1000	99	0.2592929	
2000	99	0.269697	
3000	99	0.2815152	

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=198 MSE=8.894613E-03 Critical Value=4.6058

Group	Count	Mean	Different From Groups
50	27	0.2040741	90, 80, 30, 10, 70
60	27	0.2140741	80, 30, 10, 70
40	27	0.2437037	
100	27	0.2477778	
0	27	0.2714815	
20	27	0.2751852	
90	27	0.2944444	50
80	27	0.2992592	50, 60
30	27	0.3040741	50, 60
10	27	0.3040741	50, 60
70	27	0.3137037	50, 60

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 4 26/01/2022 10:36:50 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=45
Response FIRMEZA

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: FIRMEZA
Term C: TEMPERATURA

Alpha=0.050 Error Term=S DF=198 MSE=8.894613E-03 Critical Value=3.3396

Group	Count	Mean	Different From Groups
45	99	0.2113131	25, 35
25	99	0.2954545	45
35	99	0.3037374	45

Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

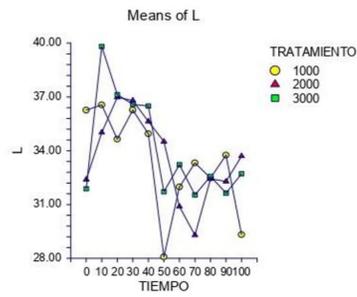
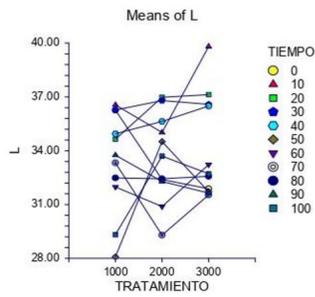
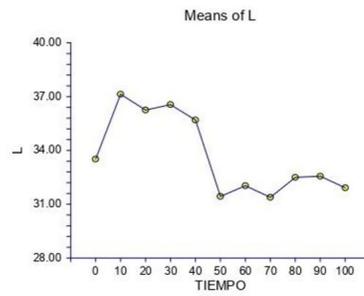
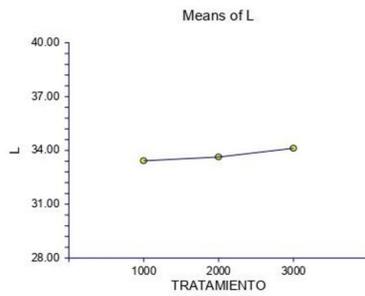
Page/Date/Time 1 26/01/2022 10:53:09 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=25,35,45
 Response L

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	25.39967	12.69983	0.91	0.402836	0.206922
B: TIEMPO	10	1338.584	133.8584	9.62	0.000000*	1.000000
AB	20	633.6584	31.68292	2.28	0.001809*	0.994133
S	264	3674.799	13.91969			
Total (Adjusted)	296	5672.44				
Total	297					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 10:53:09 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=25,35,45
Response L

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: L
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=13.91969 Critical Value=3.3333

Group	Count	Mean	Different From Groups
1000	99	33.41778	
2000	99	33.62899	
3000	99	34.11616	

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: L
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=13.91969 Critical Value=4.5923

Group	Count	Mean	Different From Groups
70	27	31.38259	40, 20, 30, 10
50	27	31.43481	40, 20, 30, 10
100	27	31.91074	40, 20, 30, 10
60	27	32.02889	40, 20, 30, 10
80	27	32.49445	20, 30, 10
90	27	32.55778	20, 30, 10
0	27	33.51111	10
40	27	35.68889	70, 50, 100, 60
20	27	36.24778	70, 50, 100, 60, 80, 90
30	27	36.54852	70, 50, 100, 60, 80, 90
10	27	37.12519	70, 50, 100, 60, 80, 90, 0

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

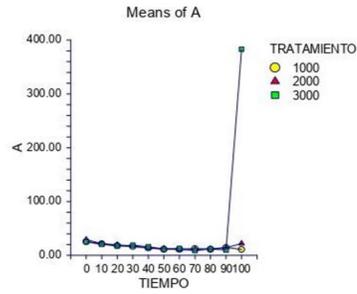
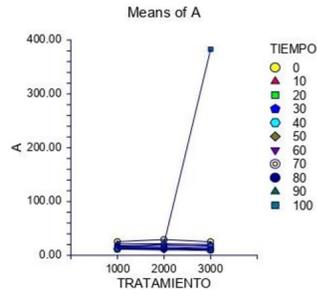
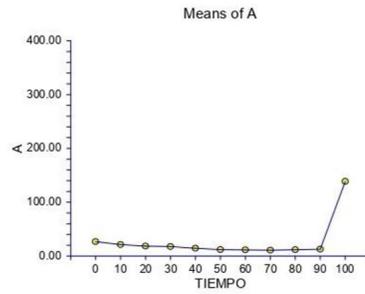
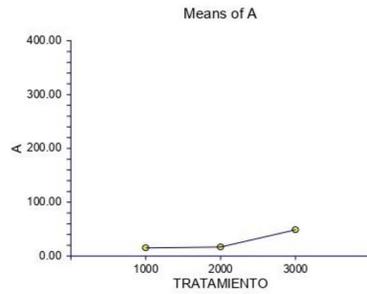
Page/Date/Time 1 26/01/2022 11:00:11 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=25,35,45
 Response a

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	70921.49	35460.75	0.96	0.383799	0.216072
B: TIEMPO	10	377471.6	37747.16	1.02	0.424100	0.536549
AB	20	735453.9	36772.7	1.00	0.466490	0.741296
S	264	9740353	36895.28			
Total (Adjusted)	296	1.09242E+07				
Total	297					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 11:00:12 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=25,35,45
Response a

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: a
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=36895.28 Critical Value=3.3333

Group	Count	Mean	Different From Groups
1000	99	15.12879	
2000	99	16.72445	
3000	99	48.67808	

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: a
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=36895.28 Critical Value=4.5923

Group	Count	Mean	Different From Groups
70	27	10.76593	
60	27	11.42037	
80	27	11.76111	
50	27	11.90741	
90	27	12.73333	
40	27	14.36407	
30	27	17.52741	
20	27	18.36555	
10	27	21.19926	
0	27	26.64333	
100	27	138.5937	

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

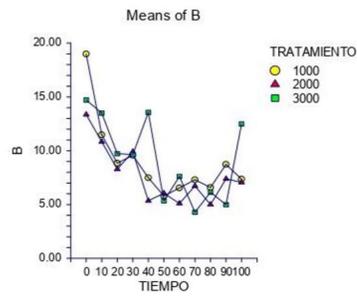
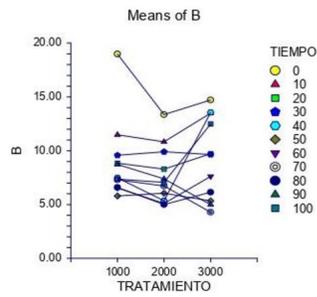
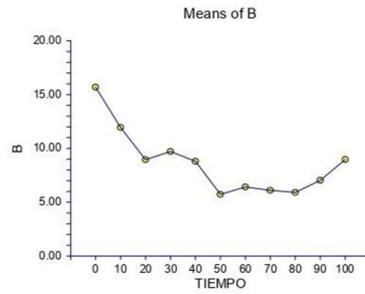
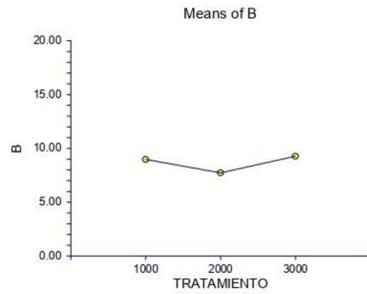
Page/Date/Time 1 26/01/2022 11:02:34 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=25,35,45
 Response b

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	131.8251	65.91256	2.89	0.057328	0.562019
B: TIEMPO	10	2476.71	247.671	10.86	0.000000*	1.000000
AB	20	715.645	35.78225	1.57	0.060052	0.940484
S	264	6020.759	22.8059			
Total (Adjusted)	296	9344.938				
Total	297					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 11:02:34 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=25,35,45
Response b

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: b
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=22.8059 Critical Value=3.3333

Group	Count	Mean	Different From Groups
2000	99	7.729091	
1000	99	8.968081	
3000	99	9.268384	

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: b
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=22.8059 Critical Value=4.5923

Group	Count	Mean	Different From Groups
50	27	5.724815	10, 0
80	27	5.908148	10, 0
70	27	6.101852	10, 0
60	27	6.414815	10, 0
90	27	7.030741	10, 0
40	27	8.793704	0
20	27	8.949259	0
100	27	8.966296	0
30	27	9.704074	0
10	27	11.93037	50, 80, 70, 60, 90
0	27	15.68296	50, 80, 70, 60, 90, 40, 20, 100, 30

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

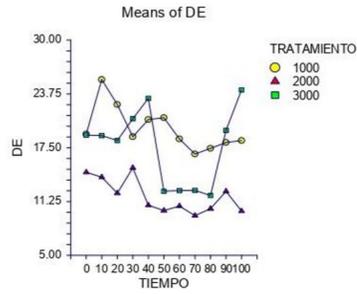
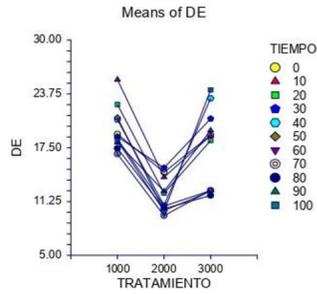
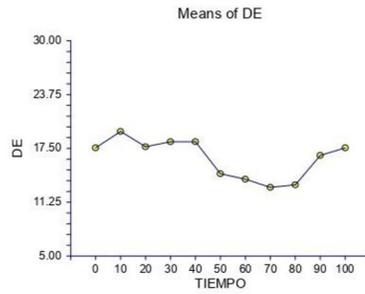
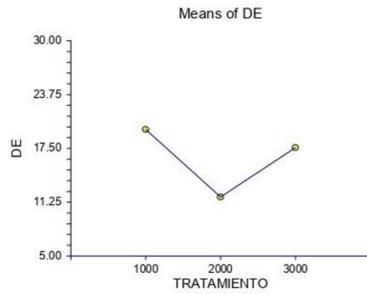
Page/Date/Time 1 26/01/2022 11:03:46 p. m.
 Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
 Filter TEMPERATURA=25,35,45
 Response Delta E

Analysis of Variance Table

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A: TRATAMIENTO	2	3257.499	1628.749	32.54	0.000000*	1.000000
B: TIEMPO	10	1403.196	140.3196	2.80	0.002568*	0.970261
AB	20	1359.986	67.99928	1.36	0.143136	0.892662
S	264	13215.98	50.06054			
Total (Adjusted)	296	19236.66				
Total	297					

* Term significant at alpha = 0.05

Plots Section



Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 26/01/2022 11:03:46 p. m.
Database D:\TESIS RECUBRIMIENTOS-FRES ... UZ ELENA\RESULTADOS\FRESA.S0
Filter TEMPERATURA=25,35,45
Response Delta E

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Delta E
Term A: TRATAMIENTO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=50.06054 Critical Value=3.3333

Group	Count	Mean	Different From Groups
2000	99	11.85788	3000, 1000
3000	99	17.58949	2000
1000	99	19.69535	2000

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Delta E
Term B: TIEMPO

Alpha=0.050 Error Term=S DF=264 MSE=50.06054 Critical Value=4.5923

Group	Count	Mean	Different From Groups
70	27	12.97259	10
80	27	13.2637	
60	27	13.91852	
50	27	14.54519	
90	27	16.68296	
100	27	17.55926	
0	27	17.56074	
20	27	17.68815	
40	27	18.26704	
30	27	18.26815	
10	27	19.4637	70

Notes:
This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.