

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA
COMESTIBLE ELABORADA A PARTIR DE ALMIDÓN DE SORGO
(*Sorghum bicolor (L.) Moench*) Y YUCA (*Manihot esculenta*)”**

PRESENTADO POR:

**ARÉVALO ALVARENGA, VERÓNICA LISSETTE
AZUCENA PEÑA, GERSON ARNOLDO
LAÍNEZ AMAYA, SANDRA ELISA**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS

SECRETARIA GENERAL :

MSC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DIRECTOR :

DRA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Título :

**“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA
COMESTIBLE ELABORADA A PARTIR DE ALMIDÓN DE SORGO (*Sorghum
bicolor (L.) Moench*) Y YUCA (*Manihot esculenta*)”**

Presentado por :

**ARÉVALO ALVARENGA, VERÓNICA LISSETTE
AZUCENA PEÑA, GERSON ARNOLDO
LAÍNEZ AMAYA, SANDRA ELISA**

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docente Asesor :

LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ

SAN SALVADOR, ENERO 2018

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ

Agradecimientos por: Verónica Lissette Arévalo Alvarenga.

A Dios, que en su inmenso amor me permite culminar de nuevo una meta más, que a pesar de las dificultades en el proceso me permitió seguir firme en mi decisión, llenándome de amor, paciencia, apoyo y alegría.

A mis padres Amanda del Carmen y Carlos Roberto, que me han permitido llenarme de conocimientos a lo largo de este caminar juntos, gracias por el apoyo y por cada uno de los sacrificios realizados para que esté ahora culminando mi carrera universitaria, a mi hermana María José, que es mi alegría y apoyo día a día, a mi tía Elizabeth y a mi abuelita Elisa, por tanto amor, sonrisas y consejos compartidos.

A mi comunidad, Adri, Gaby, Joseline, Mimita, Mario, Ricardo y Luis, por el apoyo, los ánimos, los consejos y cada una de las alegrías y locuras compartidas desde hace 9 años. A mis amigas de siempre, Ana, Geraldina e Iris, gracias por la paciencia, el amor, el apoyo y los consejos durante todo este tiempo.

A mis compañeros y amigos desde el inicio, Angie, Alberto y Rocío, gracias por cada una de las aventuras compartidas, risas, sueños, sin ustedes mi historia dentro de la Universidad no habría sido la misma. A Gilma y Ulises, que aparecieron luego, pero que siempre estuvieron presentes.

A Ricardo, mi serendipia, gracias por todo el amor y el apoyo durante este proceso, por enseñarme que el compartir es felicidad, que cada día es para mejorar, gracias por la comprensión, los desvelos y por permitirme compartir este viaje juntos.

A cada una de esas personas que aportaron para el desarrollo y culmen de este trabajo de grado, mis compañeros: Gerson y Sandra, nuestra asesora: Licda. Isabel de Ruiz, y aquellas personas que siempre estuvieron dispuestas a ayudar: Ing. Iliana Morales, Ing. Haydee Munguía y Alexander Padilla.

Agradecimientos por: Gerson Arnoldo Azucena Peña.

A Dios todo poderoso por darme la vida y llenarme de bendiciones. Aun en los momentos más difíciles y sin merecerlo, él no me ha abandonado, ha llenado mi vida con personas maravillosas que han estado a mi lado, me han dado su amor y me han ayudado en mi camino.

A mi madre Flor de María y a mi Padre Rubén Arnoldo, gracias por su sacrificio sin ustedes este logro no sería posible han dedicado sus vidas para que yo tenga una mejor. Jamás podré terminar de agradecerles. A mis hermanos; gracias por estar conmigo, siempre han sido mi inspiración.

A mis compañeras Sandra y Verónica; por su paciencia y compromiso, a pesar de los momentos difíciles no podría haber pedido un mejor grupo. Me enorgullezco de nuestro trabajo juntos y estoy agradecido de poder llamarlas mis amigas.

Adriana, gracias por haber creído en mí antes que yo mismo lo hiciera, por haberme apoyado aun cuando yo quería rendirme y haberme mostrado que no estoy solo. Verdaderamente mi vida sería otra si no te hubiera conocido.

A mis amigos y compañeros con quienes compartí muchos momentos durante mis años en la universidad. Hicieron que esta fuera la mejor etapa de mi vida al pasar los años recordare esos días y sonreiré gracias a ustedes. Especialmente a Marta, Salvador y Giovanni quizás fue poco común la forma en que nos conocimos, pero sin duda estoy agradecido de haberlos conocido.

Agradecimientos por: Sandra Elisa Laínez Amaya

Agradezco a Dios, por caminar siempre a mi lado, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad, por brindarme sabiduría y guiarme a lo largo de mi vida, gracias a Él que me ha permitido llegar hasta donde estoy.

A mis padres, porque este logro también es de ustedes, todo su sacrificio valió la pena. Gracias por apoyarme en cada una de mis decisiones, por siempre creer y cuidar de mí, espero algún día poder retribuirles todo el esfuerzo y dedicación con la que me criaron.

A mis hermanos, porque todo lo que he vivido hasta esta fecha no sería igual sin ustedes, pero especialmente a Karla, que me acompañó en este proceso mucho más de cerca, gracias por explicarme cuando me encontraba en dificultad, por desvelarte conmigo, por los consejos y estar siempre dispuesta a ayudar, sos más que una inspiración para mí.

A mis abuelitos, por estar siempre pendiente de mí, por su amor y sus oraciones.

A mis compañeros de tesis, Gerson y Vero, solo los tres sabemos que este camino no ha sido fácil, pero lo logramos. Gracias por el compromiso, sacrificio y entrega que le dedicaron a este trabajo, admiro mucho de ustedes como personas, estudiantes y profesionales, es un honor haber trabajado con ustedes.

Doy gracias por todos los amigos que me han acompañado a lo largo de mi vida. En especial a ustedes: Xiomara, Ana, Xenia, Adela, Khalil y Juan. Siempre voy a estar agradecida con Dios por haberlos puesto en mi camino y haberme regalado el tesoro más grande que es su amistad.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el diseño de un recubrimiento comestible elaborado a base de almidón de yuca y almidón de sorgo con el objetivo de alargar la vida de anaquel de frutas frescas. La realización de esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas experimentales; la extracción de los almidones, el diseño de experimentos, la caracterización de los recubrimientos y el análisis de los datos experimentales. Durante las extracciones de almidones se seleccionaron y caracterizaron las materias primas, yuca y sorgo, los gránulos obtenidos de cada almidón fueron caracterizados, se calculó el rendimiento de los procesos de extracción almidón de sorgo y de yuca. Para la realización del diseño experimental se realizaron pruebas preliminares, enfocadas en conocer los comportamientos y características de biopelículas y sus recubrimientos obtenidos al combinar diferentes porcentajes de almidón de sorgo con almidón de yuca, mediante estas pruebas se determinó el intervalo de valores de concentración de almidón de sorgo, almidón de yuca y glicerol más apropiados para ser aplicados como biopelículas en frutas frescas; a partir de estos valores y haciendo uso de un software especializado en diseño de experimentos se generaron diez formulaciones diferentes. Dichas formulaciones fueron evaluadas como biopelículas a las cuales se determinaron los valores de permeabilidad al vapor de agua, transparencia, solubilidad, biodegradabilidad; además, se realizaron pruebas a las formulaciones aplicadas como recubrimientos en fresas y moras, se evaluaron los efectos que cada una de las formulaciones tenía en las propiedades de cambio de peso, cambio de pH, cambio de acidez titulable, concentración de sólidos solubles. La formulación con mejor comportamiento fue aplicada en moras y fresas nuevamente, evaluando propiedades fisicoquímicas y sensoriales con el fin de establecer el periodo de vida de anaquel de las mismas y determinar si las frutas recubiertas eran organolépticamente aceptables durante más tiempo que aquellas sin recubrir. Finalmente se realizó una prueba sensorial de aceptabilidad con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre fruta recubierta y no recubierta.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	5
ALCANCES.....	7
OBSERVACIONES.....	8
1. CAPITULO I. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEORICOS.	9
1.1. Generalidades de tecnología poscosecha de frutas.....	9
1.1.1. Factores involucrados en el deterioro de frutas.....	9
1.1.1.1. Factores intrínsecos.....	9
1.1.1.2. Factores extrínsecos.....	11
1.1.2. Aplicación de tecnologías poscosecha.....	11
1.1.2.1. Cosechas de frutas.....	12
1.1.2.2. Acopio de frutas.....	12
1.1.2.3. Etapa de distribución al por menor.....	14
1.2. Generalidades de los recubrimientos comestibles.....	15
1.2.1. Composición de recubrimientos comestibles.....	15
1.2.1.1. Hidrocoloides: Polisacáridos y proteínas.....	15
1.2.1.2. Lípidos y resinas.....	17
1.2.1.3. Multicomponentes.....	17
1.2.1.4. Otros ingredientes.....	17
1.2.2. Propiedades de los recubrimientos comestibles.....	18
1.2.2.1. Propiedades de barrera.....	19
1.2.2.2. Propiedades mecánicas.....	19
1.3. Almidón.....	20

1.3.1.	Amilosa y Amilopectina.....	21
1.3.2.	Características de los gránulos de almidón.....	22
1.3.3.	Birrefringencia y temperatura de transición vítrea (Tg).....	26
1.3.4.	Capacidad de hinchamiento y solubilidad de los gránulos de almidón.....	26
1.3.5.	Propiedades de gelatinización y retrogradación del almidón.....	27
1.3.6.	Propiedades reológicas y térmicas del almidón.....	28
1.4.	La yuca.....	28
1.4.1.	Variedades de yuca cultivadas en El Salvador.....	29
1.4.2.	Cultivo y producción de yuca.....	29
1.4.2.1.	Requerimientos para el cultivo de yuca.....	30
1.4.2.2.	Producción de yuca en El Salvador.....	30
1.5.	Sorgo.....	31
1.5.1.	Variedades de sorgo cultivadas en El Salvador.....	32
1.5.2.	Cultivo y producción de sorgo.....	33
1.6.	Antecedentes del uso de biopelículas elaboradas a base de almidón.....	35
1.7.	Propiedades de biopelículas elaboradas a base de almidón.....	38
1.7.1.	Propiedades mecánicas de biopelículas elaboradas a base de almidón.....	38
1.7.2.	Propiedades de barrera de biopelículas elaboradas a base de almidón.....	39
1.7.2.1.	Barrera al oxígeno.....	39
1.7.2.2.	Barrera a la humedad.....	39
1.8.	Selección de frutas con posibilidad de ser recubiertas con recubrimiento comestible a base de almidón.....	40
1.8.1.	Importaciones de frutas en El Salvador.....	40
1.8.2.	Criterio para la selección de las frutas.....	42
1.8.3.	Fresa.....	42
1.8.3.1.	Morfología de la fresa.....	43

1.8.3.2.	Fisiología de la fresa.....	44
1.8.3.3.	Variedades de fresas.....	45
1.8.4.	Mora Negra.....	45
1.8.4.1.	Generalidades.....	46
1.8.4.2.	Cultivo regional de moras negras.....	47
1.8.4.3.	Variedades de mora recomendadas en Centroamérica.....	47
1.9.	Contaminación microbiológica.....	48
1.9.1.	Microbiota de fresas y moras.....	48
1.9.2.	Microbiota del almidón.....	49
2.	CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	50
2.1.	Extracción y caracterización del almidón de Sorgo y Yuca.....	52
2.2.	Formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.....	53
2.3.	Aplicación del recubrimiento comestible seleccionado.....	58
3.	CAPITULO III. EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES Y EVALUACIÓN DE FORMULACIONES DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE Y BIOPELÍCULA.....	60
3.1.	Extracción y caracterización del almidón.....	60
3.1.1.	Detección cualitativa de taninos en sorgo.....	60
3.1.2.	Extracción de almidón de sorgo.....	62
3.1.3.	Extracción de almidón de yuca.....	64
3.1.4.	Caracterización del almidón.....	66
3.1.4.1.	Composición proximal y pureza de los almidones obtenidos.....	64
3.1.4.2.	Forma, radio, área, perímetro de los gránulos de almidón.....	66
3.2.	Prueba piloto para formulación de biopelículas.....	70
3.2.1.	Evaluación de las formulaciones como recubrimiento.....	72
3.2.2.	Evaluación de las formulaciones como biopelícula.....	75
3.3.	Diseño de experimentos.....	74

3.4.	Acondicionamiento de la materia prima (fruta fresca) utilizada en la fase de experimentación.....	78
3.4.1.	Recepción de la fruta.....	78
3.4.2.	Selección de las muestras.....	79
3.4.3.	Recubrimiento de las muestras.....	80
3.4.4.	Secado.....	81
3.4.5.	Pesado.....	81
3.4.6.	Almacenamiento.....	82
3.5.	Elaboración de biopelículas.....	80
3.6.	Evaluación del recubrimiento comestible aplicado en frutas y en forma de la biopelícula comestible.....	85
3.6.1.	Prueba de permeabilidad al vapor de agua.....	86
3.6.1.1.	Análisis de resultados.....	88
3.6.2.	Prueba de solubilidad en agua.....	91
3.6.2.1.	Análisis de resultados.....	92
3.6.3.	Biodegradabilidad.....	92
3.6.3.1.	Análisis de resultados.....	95
3.6.4.	Determinación de transparencia de las pastas de almidón.....	97
3.6.4.1.	Análisis de resultados.....	98
3.6.5.	Evaluación de la pérdida de peso en fresas y moras.....	97
3.6.5.1.	Análisis de resultados de pérdida de peso en fresas.....	98
3.6.5.2.	Análisis de resultados de pérdida de peso para moras.....	103
3.6.6.	Determinación del cambio de pH de fresas y moras.....	106
3.6.6.1.	Análisis de resultados.....	107
3.6.7.	Determinación de cambio en la concentración de sólidos solubles totales.....	110

3.6.7.1.	Análisis de resultados.....	111
3.6.8.	Determinación del cambio de acidez titulable.....	111
3.6.8.1.	Análisis de resultados.....	119
3.7.	Análisis de diseño de experimentos.....	119
3.8.	Evaluación y selección de la formulación final.....	128
4.	CAPITULO IV. ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL Y ANÁLISIS SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD.....	135
4.1.	Prueba preliminar de vida de anaquel.....	135
4.2.	Evaluación de parámetros de control de calidad (Prueba preliminar).....	136
4.2.1.	Pérdida de Peso.....	136
4.2.1.1.	Análisis estadístico del porcentaje pérdida de peso.....	138
4.2.2.	Acidez titulable.....	139
4.2.2.1.	Análisis estadístico de acidez titulable.....	141
4.2.3.	Sólidos solubles totales.....	143
4.2.3.1.	Análisis estadístico del cambio de sólidos solubles.....	145
4.2.4.	pH.....	146
4.2.4.1.	Análisis estadístico de pH.....	148
4.2.5.	Evaluación sensorial.....	149
4.3.	Vida de anaquel para fruta recubierta.....	155
4.4.	Análisis sensorial de aceptabilidad.....	165
4.4.1.	Prueba hedónica.....	167
4.4.1.1.	Análisis de varianza simple (ANOVA).....	168
4.4.2.	Prueba de preferencias pareadas.....	170
4.4.2.1.	Análisis de resultados.....	171
	CONCLUSIONES.....	175

RECOMENDACIONES.....	179
GLOSARIO.....	180
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181
ANEXOS.....	189

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1	Diseño estructural básico de (a) unidades de glucosa, (b) amilosa, (c) amilopectina.....	21
Figura 1-2	Producción anual de yuca expresada en toneladas en El Salvador, para los años de 2010-2014.....	30
Figura 1-3	Rendimiento de la producción anual de yuca expresado en hg/ha en El Salvador, para los años de 2010-2014.....	31
Figura 1-4	Área usada anualmente para la cosecha de yuca expresada en hectáreas en El Salvador, para los años 2010-2014.....	31
Figura 1-5	Área de sorgo cosechada en El Salvador en Ha, del 2010 al 2014.....	34
Figura 1-6	Producción anual de sorgo en El Salvador en ton, del 2010 al 2014.....	34
Figura 1-7	Rendimiento anual de sorgo en El Salvador en hg/ha, del 2010 al 2014.....	35
Figura 1-8	Estructura típica del fruto de fresa.....	44
Figura 1-9	Mora negra madura.....	46
Figura 3-1	Gránulos de almidón de yuca 40X.....	68
Figura 3-2	Gránulos de almidón de sorgo 40X.....	68
Figura 3-3	Muestras de fresas y moras recubiertas con las nueve formulaciones para la prueba piloto.....	73
Figura 3-4	Gráfico de pérdida de peso porcentual para fresas recubiertas.....	74
Figura 3-5	Gráfico de pérdida de peso porcentual para moras recubiertas.....	74
Figura 3-6	Biopelículas obtenidas luego de 15 horas de secado a 40 °C, prueba piloto.....	75
Figura 3-7	(a) Recepción de fresas. (b) Limpieza de moras.....	79
Figura 3-8	(a) Moras seleccionadas como muestras (b) fresas seleccionadas como muestras.....	80
Figura 3-9	Preparación de recubrimientos.....	80

Figura 3-10	(a) Control de temperatura del recubrimiento, (b) Mora recubierta.....	81
Figura 3-11	(a) Secado de muestras de fresas, (b) Secado de muestras de moras.....	81
Figura 3-12	Fresas almacenadas en refrigeración.....	82
Figura 3-13	Cámara de prueba para la prueba de permeabilidad al vapor de agua.....	87
Figura 3-14	Pesado de la unidad de prueba.....	87
Figura 3-15	Gráfica de valores de permeabilidad al vapor de agua para cada formulación.....	89
Figura 3-16	Biopelículas en agua y con agitación constante.....	91
Figura 3-17	Papel filtro con restos de biopelícula.....	91
Figura 3-18	Gráfica de valores de % de solubilidad en agua para cada formulación.....	93
Figura 3-19	Reactor para la prueba de biodegradabilidad.....	95
Figura 3-20	(a) Soluciones de almidón al 1% en baño maría. (b) Espectrofotómetro UV 1800 para lectura de % transmitancia.....	98
Figura 3-21	Gráfico de comparación de porcentaje de pérdida de peso por día en fresas.....	101
Figura 3-22	Gráfico de comparación de porcentaje de pérdida de peso para día final de evaluación de cada formulación en fresas.....	102
Figura 3-23	Gráfico de comparación de porcentaje de pérdida de peso por día en moras.....	104
Figura 3-24	Gráfica de porcentaje de pérdida de peso total en moras.....	105
Figura 3-25	Toma de pH en fresas.....	106
Figura 3-26	Gráfico de pH final en fresas.....	108
Figura 3-27	Gráfico de pH final en moras.....	108
Figura 3-28	(a) Preparación de muestras, (b) determinación de °Brix.....	111
Figura 3-29	Toma del volumen para el cálculo de acidez titulable.....	115
Figura 3-30	Gráfico de acidez titulable final en fresas.....	116

Figura 3-31	Gráfico de acidez titulable final en moras.....	117
Figura 4-1	Gráfico de pérdida de peso en fresas, prueba preliminar de vida de anaquel.....	137
Figura 4-2	Gráfico de pérdida de peso en moras, prueba preliminar de vida de anaquel.....	137
Figura 4-3	Gráfico de acidez titulable en fresas, prueba preliminar de vida de anaquel	140
Figura 4-4	Gráfico de acidez titulable en moras, prueba preliminar de vida de anaquel.....	141
Figura 4-5	Gráfico del comportamiento de °Brix en moras.....	145
Figura 4-6	Gráfico del comportamiento de °Brix en fresa.....	145
Figura 4-7	a) Contaminación fúngica de moras no recubiertas día 15. b) Contaminación fúngica de fresas no recubiertas día 11.....	150
Figura 4-8	Gráfico comparativo de atributos sensoriales en fresas.....	154
Figura 4-9	Gráfico comparativo de atributos sensoriales en moras.....	154
Figura 4-10	Gráfico de datos promedio de °Brix en fresas recubiertas.....	155
Figura 4-11	Gráfico de datos promedio de °Brix en moras recubiertas.....	156
Figura 4-12	Gráfico de Datos promedio de porcentaje de pérdida de peso en fresas recubiertas.....	156
Figura 4-13	Gráfico de datos promedio porcentaje de pérdida de peso en moras recubiertas.....	157
Figura 4-14	Gráfico de datos promedio de pH en fresas recubiertas.....	157
Figura 4-15	Gráfico de datos promedio de pH en moras recubiertas.....	158
Figura 4-16	Gráfico de datos promedio de % de ácido cítrico en fresas recubiertas.....	158
Figura 4-17	Gráfico de datos promedio % de ácido cítrico en moras recubiertas.....	158
Figura 4-18	Evaluación sensorial para fresas, día 17 de almacenamiento.....	159
Figura 4-19	Evaluación sensorial para moras, día 19 de almacenamiento.....	160
Figura 4-20	Fresas recubiertas para día 17 de almacenamiento.....	160
Figura 4-21	Moras recubiertas para día 19 de almacenamiento.....	161

Figura 4-22	Panelistas realizando el análisis sensorial.....	166
Figura 4-23	Porcentaje de preferencia en muestras de moras.....	171
Figura 4-24	Porcentaje de preferencia en muestras de moras.....	172

Índice de tablas.

Tabla 1-1.	Morfología y composición de gránulos de almidón nativo provenientes de diversas fuentes.....	23
Tabla 1-2.	Valores de permeabilidad al vapor del agua de biopelículas elaboradas a base de almidón.....	40
Tabla 1-3.	Cantidades de frutas importadas a El Salvador durante el periodo 2012-2017.....	41
Tabla 1-4.	Ingreso económico anual por la importación de frutas en El Salvador en dólares.....	41
Tabla 1-5.	Taxonomía de las fresas.....	43
Tabla 1-6.	Taxonomía de la mora negra.....	46
Tabla 2-1	Fases y actividades asociadas al desarrollo de la fase experimental.....	50
Tabla 2-2.	Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la extracción y caracterización de almidón de Sorgo y Yuca.....	52
Tabla 2-3.	Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.....	53
Tabla 2-4.	Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la aplicación del recubrimiento comestible seleccionado	58
Tabla 3-1.	Proceso para la detección cualitativa de taninos.....	61
Tabla 3-2.	Proceso de extracción y rendimiento de almidón de sorgo.....	62
Tabla 3-3.	Proceso de extracción y rendimiento de almidón de yuca.....	64
Tabla 3-4	Resumen de datos de extracción de almidón de sorgo.....	65
Tabla 3-5	Resumen de datos de extracción de almidón de yuca.....	65
Tabla 3-6.	Composición proximal del Almidón de Sorgo.....	66
Tabla 3-7	Composición proximal del Almidón de Yuca.....	66
Tabla 3-8.	Porcentaje de amilosa y amilopectina.....	67
Tabla 3-9.	Medidas de los gránulos de almidón de Sorgo y almidón de Yuca.....	69

Tabla 3-10.	Caracterización de los gránulos del almidón obtenido.....	70
Tabla 3-11.	Porcentaje en P/P de almidón de Sorgo y Yuca, empleados en la prueba piloto.....	70
Tabla 3-12.	Formulaciones generadas en el diseño de la prueba piloto.....	72
Tabla 3-13.	Formulaciones según diseño 2 ² estrella.....	77
Tabla 3-14.	Procedimiento para la elaboración de biopelículas.....	83
Tabla 3-15.	Temperatura de gelatinización de las distintas formulaciones.....	84
Tabla 3-16.	Ejemplo del método de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD).....	86
Tabla 3-17.	Resumen de los resultados de los cálculos para la prueba de permeabilidad al vapor de agua.....	88
Tabla 3-18.	Prueba de rangos múltiples para prueba de permeabilidad al vapor de agua.....	90
Tabla 3-19.	Resumen de cálculos para la prueba de solubilidad en agua.....	90
Tabla 3-20.	Prueba de rangos múltiples para prueba de solubilidad en agua.....	94
Tabla 3-21.	Resultados para la prueba de biodegradabilidad.....	95
Tabla 3-22.	Prueba de rangos múltiples para biodegradabilidad.....	97
Tabla 3-23.	Resultados promedios de porcentaje de transmitancia.....	98
Tabla 3-24.	Prueba de rangos múltiples para Transparencia.....	99
Tabla 3-25.	Prueba de múltiples rangos para pérdida de peso en fresas.	103
Tabla 3-26.	Prueba de rangos múltiples para pérdida de peso en moras.	106
Tabla 3-27.	Registro promedios de pH para fresas.....	107
Tabla 3-28.	Registro promedios de pH para moras.....	107
Tabla 3-29.	Prueba de rangos múltiples para cambio de pH en fresas.....	109
Tabla 3-30.	Prueba de rangos múltiples para cambio de pH en moras.....	109
Tabla 3-31.	Registro de promedios de °Brix en fresas.....	111
Tabla 3-32.	Registro de promedios de °Brix en moras.....	112
Tabla 3-33.	Prueba de rangos múltiples para cambio de °brix en fresas.....	113
Tabla 3-34.	Prueba de rangos múltiples para cambio de °brix en moras.....	114
Tabla 3-35.	Registro de promedios de acidez titulable para fresas.....	115
Tabla 3-36.	Registro de promedios de acidez titulable para moras.....	116
Tabla 3-37.	Prueba de rangos múltiples para cambio de acidez titulable en fresas.	118

Tabla 3-38.	Prueba de rangos múltiples para cambio de acidez titulable en moras.	118
Tabla 3-39.	Diagramas de Pareto para las variables evaluadas en las formulaciones en forma de biopelícula y recubrimiento.....	120
Tabla 3-40.	Diagramas de Pareto para las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en fresas.....	122
Tabla 3-41.	Diagramas de Pareto para las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en moras.....	123
Tabla 3-42.	Gráficos de efectos principales de las variables evaluadas en las formulaciones en forma de biopelícula y recubrimiento.....	125
Tabla 3-43.	Gráficos de efectos principales de las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en fresas.....	126
Tabla 3-44.	Gráficos de efectos principales de las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en moras.....	127
Tabla 3-45.	Descripción y asignación de ponderación a los criterios relevantes para la selección de la mejor formulación.....	128
Tabla 3-46.	Evaluación de las 10 formulaciones en fresas.....	132
Tabla 3-47.	Evaluación de las 10 formulaciones en moras.....	133
Tabla 4-1.	Escala hedónica de 5 puntos, empleada en el análisis sensorial.....	135
Tabla 4-2.	Porcentajes promedios de pérdida de peso en fresas.....	136
Tabla 4-3.	Porcentajes promedios de pérdida de peso en moras.....	136
Tabla 4-4.	Resumen estadístico para porcentaje de pérdida de peso en fresas con y sin recubrimiento.....	138
Tabla 4-5.	Resumen estadístico para porcentaje de pérdida de peso en moras con y sin recubrimiento.....	138
Tabla 4-6.	Porcentajes promedios de ácido cítrico en fresas	140
Tabla 4-7.	Porcentajes promedios de ácido cítrico en moras.....	140
Tabla 4-8.	Resumen estadístico para porcentaje de ácido cítrico en moras con y sin recubrimiento.....	141
Tabla 4-9.	Resumen estadístico para porcentaje de ácido cítrico en fresas con y sin recubrimiento	142
Tabla 4-10	Promedios de mediciones de °Brix para moras con y sin recubrimiento.....	143

Tabla 4-11.	Promedios de mediciones de °Brix para fresas con y sin recubrimiento.....	143
Tabla 4-12.	Resumen estadístico de datos de °Brix para moras con y sin recubrimiento.....	145
Tabla 4-13.	Resumen estadístico de datos de °Brix para fresas con y sin recubrimiento.....	146
Tabla 4-14.	Promedios de mediciones de pH en moras con y sin recubrimiento...	147
Tabla 4-15.	Promedios de mediciones de pH en fresas con y sin recubrimiento...	147
Tabla 4-16.	Resumen estadístico para datos de pH de moras con y sin recubrimiento.....	148
Tabla 4-17.	Resumen estadístico para datos de pH de fresas con y sin recubrimiento	148
Tabla 4-18.	Resumen de la evaluación sensorial para último día de almacenamiento en moras.....	151
Tabla 4-19.	Resumen de la evaluación sensorial para último día de almacenamiento en fresas.....	152
Tabla 4-20.	Resumen de parámetros fisicoquímicos finales de vida de anaquel en frutas no recubiertas.....	153
Tabla 4-21.	Resumen de parámetros fisicoquímicos finales de vida de anaquel en frutas recubiertas.....	161
Tabla 4-22.	Comparación de vida de anaquel de fresas tratadas con recubrimientos comestibles.....	162
Tabla 4-23.	Comparación de vida de anaquel de moras negras tratadas con recubrimientos comestibles	163
Tabla 4-24.	Resultado de Análisis Microbiológico del Recubrimiento comestible para frutas.....	163
Tabla 4-25.	Comparativo del análisis Microbiológico en Fresas y Moras en el primer y último día de vida de anaquel.....	164
Tabla 4-26.	Código utilizado para cada muestra de fruta.....	167
Tabla 4-27.	Resumen de resultados prueba hedónica para Fresa recubierta y no recubierta.....	167

Tabla 4-28.	Resumen de resultados prueba hedónica para Mora recubierta y no recubierta.....	168
Tabla 4-29.	Tabla ANOVA para la evaluación de atributos por muestra de fresa...	169
Tabla 4-30.	Tabla ANOVA para la evaluación de atributos por muestra de mora...	170
Tabla 4-31.	Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto a la preferencia de las muestras de fresa y mora.....	173
Tabla 4-32.	Análisis de resultados para moras	172
Tabla 4-33.	Análisis de resultados para fresas	172
Tabla 4-34.	Determinación de la probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas en moras.....	173
Tabla 4-35.	Determinación de la probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas en fresas	173
Tabla 4-36.	Determinación de la probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas en fresas	174

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria alimenticia salvadoreña se ha visto influenciada por la inclinación de la población por el consumo de productos frescos y mínimamente procesados, sin embargo, según distintos estudios éste tipo de alimentos representan a los productos con menor vida de anaquel y por lo tanto al no aplicar tecnologías poscosecha, para su correcto manejo en el transporte y distribución en la cadena alimenticia, se generan desperdicios de carácter significativo y por lo tanto se limita la disponibilidad y el acceso a dichos alimentos.

El uso de recubrimientos en frutas y hortalizas ha sido implementado en la actualidad para cumplir requerimientos de calidad, debido a que estos pueden mejorar el aspecto exterior de los productos, sin embargo el alcance de la aplicación de estos va más allá, ya que pueden evitar el deterioro por causa de contacto con la humedad, reducir la tasa de respiración de las frutas climatéricas, presentar efectos de barreras antimicrobianas, disminuir daños físicos durante el transporte y manipulación de los productos. Es por eso que nace el interés de formular y caracterizar una biopelícula comestible a base de almidón de sorgo y de yuca, que genere la oportunidad de mejorar de manera significativa las condiciones a las cuales se exponen las fresas y moras posterior a la cosecha, permitiendo alargar la vida de anaquel, mantener características organolépticas favorables, disminuir los desperdicios y aportar valor agregado a dichos frutos.

La formulación de la biopelícula se inicia con la extracción del almidón de sorgo y de yuca, para posteriormente realizar una prueba piloto y establecer el rango en el cual variará el almidón de sorgo, a partir de ahí, se aplica la metodología del diseño experimental, donde se establecen las distintas proporciones de cada uno de los almidones para formular la composición de las biopelículas comestibles, posteriormente se evalúa la biopelícula por medio de parámetros físicos y también se realiza una evaluación del recubrimiento donde se estudian diversos parámetros fisicoquímicos identificando a partir de los resultados, la mejor formulación, para evaluar la vida de anaquel y aceptabilidad a través de un análisis sensorial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la formulación y los parámetros de proceso idóneos, para la elaboración de una biopelícula comestible, obtenida a partir de almidón de sorgo y yuca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar la extracción de almidón de Sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench.*) y Yuca (*Manihot esculenta*).
- Evaluar las diferentes proporciones de mezcla de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) para la elaboración de las biopelículas comestibles.
- Determinar el procedimiento para la obtención de una biopelícula comestible elaborada a partir de sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench.*) y yuca (*Manihot esculenta*).
- Caracterizar físicamente cada una de las biopelículas obtenidas.
- Evaluar las distintas formulaciones de recubrimiento comestible obtenidas a partir del procedimiento de elaboración determinado, aplicadas en frutas frescas.
- Evaluar la aceptabilidad de la formulación seleccionada, al ser aplicada en frutas frescas demandadas por la industria de alimentos en El Salvador, a partir de un análisis sensorial.
- Determinar la vida de anaquel de las frutas recubiertas con la biopelícula seleccionada.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, las exigencias de la población han cambiado y cierta parte de ésta, se inclina más hacia el consumo de productos frescos mínimamente procesados, como frutas y hortalizas y a la vez, estos mismos son muy demandados por cierta parte de la Industria alimenticia Salvadoreña, sin embargo, según distintos estudios, éste tipo de alimentos representan a los productos alimenticios más perecederos (FAO, 2014), y por lo tanto al no ser tecnológicamente tratados luego de su cosecha, en el transporte y distribución en la cadena alimenticia, los desperdicios que se generan son de carácter significativo y por lo tanto se está limitando, la disponibilidad y el acceso a estos alimentos.

Una alternativa para países en desarrollo como El Salvador, radica en la aplicación de tecnologías en el área de empaque y embalaje, que logren reducir las pérdidas de productos frescos; los recubrimientos comestibles dotan de ciertas características a este tipo de productos, en primer lugar, contribuyen a la mejora de las propiedades mecánicas de estos mismos así como en la extensión del período de vida de anaquel y por lo tanto la preservación de componentes organolépticos como apariencia, olor, sabor, entre otros (Matta Fakhouria, Faryde; Martelli, Silvia Maria; Caon, Thiago; Velasco, José Ignacio, 2015) , es decir manteniendo su calidad e inocuidad, luego de la cosecha, no solo aportando valor agregado dentro de la cadena alimentaria, sino también generando mayor accesibilidad a los productos alimenticios frescos, abonando a uno de los pilares fundamentales de la seguridad alimentaria y nutricional y a la vez mitigando el impacto hacia el medio ambiente, debido a la sostenibilidad en el uso de recursos.

Debido a lo anteriormente planteado surge el interés de formular y caracterizar una biopelícula comestible a partir de almidón de Sorgo y Yuca (materias primas, producidas y comercializadas en El Salvador) inicialmente extrayendo los dos distintos almidones, caracterizándolos , luego empleando un diseño de experimento, para establecer las distintas proporciones de cada uno de los

almidones para formular la composición de los recubrimientos comestibles, posteriormente se identificará la temperatura de gelificación de las formulaciones y se realizará una evaluación de parámetros fisicoquímicos de las frutas recubiertas con las distintas formulaciones así como de parámetros físicos de las formulaciones en forma de biopelícula, para finalmente seleccionar la formulación que presente las características más adecuadas de un recubrimiento comestible, evaluando al final su aceptabilidad, a través de un análisis sensorial en frutas frescas, y el periodo de vida de anaquel al ser aplicada en frutas.

JUSTIFICACIÓN

El mercado de los alimentos frescos ha experimentado un incremento considerable en las últimas décadas. Uno de los principales problemas de este fenómeno es lograr abastecer de productos inocuos y de calidad al consumidor, de hecho, en países desarrollados las pérdidas de productos hortofrutícolas son de entre el 2% al 20%, mientras que en países en desarrollo puede alcanzar hasta un 50%. Las causas de las pérdidas son variadas y desafortunadamente se encuentran a lo largo de toda la cadena productiva de las frutas y hortalizas semiprocesadas, desde la cosecha hasta la exposición al consumidor final, incluyendo las etapas de: recolección, manipulación, limpieza, mondado, empaçado y transporte. Para reducir las pérdidas de productos hortofrutícolas se deben aplicar modelos de producción que integren una serie de medidas variadas, orientadas a prevenir o reducir las pérdidas a lo largo de toda la cadena de producción. Estas incluyen capacitación del personal en medidas sanitarias para la manipulación de los productos, desde la cosecha y durante todas las etapas que involucren contacto directo entre el personal y el producto, diseño de instalaciones de recolección, procesamiento y almacenamiento que cumplan con requerimientos de calidad e inocuidad, sistemas de transporte que aseguren la cadena de frío necesaria para disminuir el deterioro de las frutas y hortalizas así como la disminución de daños por contacto con superficies o entre productos, materiales de empaque que reduzcan el deterioro de los productos a causa de la exposición y contacto con el ambiente.

El uso de recubrimientos en frutas y hortalizas ha sido implementado durante mucho tiempo para cumplir requerimientos de calidad, debido a que estos pueden mejorar el aspecto exterior de los productos, sin embargo el alcance de la aplicación de estos va más allá, ya que pueden evitar el deterioro por causa del contacto con la humedad, reducir la tasa de respiración de las frutas climatéricas, presentar efectos de barreras antimicrobianas, disminuir daños físicos durante el transporte y manipulación de los productos. La procedencia de los recubrimientos usados en frutas y hortalizas es variada, desde ceras naturales, polímeros extraídos de fuentes

naturales como el almidón o la quitina, esteres de alto peso molecular obtenidos a partir del petróleo. La aplicabilidad de los recubrimientos depende de las características que se deseen preservar en el producto al que se aplica, por lo que es necesario tomar en cuenta la naturaleza del producto que se recubrirá y las condiciones en las cuales se manipula.

La formulación de biopolímeros aplicados en la industria alimentaria ya sea como recubrimientos o como materiales de empaque, genera la oportunidad de mejorar de manera significativa las condiciones en las cuales los alimentos, tales como frutas y hortalizas, son transportados, permitiendo alargar la vida de anaquel, mantener características organolépticas favorables, disminuir los desperdicios e incrementar el valor agregado de dichos alimentos. No existe un procedimiento general aplicable para la formulación y elaboración de biopolímeros, debido a que las características y comportamiento de los biopolímeros producidos, depende de las sustancias que lo componen las cuales a su vez dependen de las materias disponibles para la explotación. Por lo tanto, se deben aprovechar los recursos disponibles para generar un biopolímero aplicable a un producto determinado. La yuca y el sorgo son alimentos ampliamente consumidos en El Salvador por lo tanto se tiene acceso a ellos fácilmente, este hecho, más su alto contenido de almidón los convierten en materias primas atractivas para ser utilizadas en el proceso de formulación y elaboración de biopolímeros, específicamente para ser aplicados como recubrimiento en frutas.

Al formular un recubrimiento comestible se deben de tomar en cuenta ciertas características que comprueben que su desempeño es aceptable y que de hecho genera un beneficio al ser usado en un alimento. Otro aspecto importante es asegurar la reproducibilidad del recubrimiento formulado, para ello se deben determinar variables específicas que se tomaran en cuenta durante su elaboración. Los aspectos mencionados anteriormente se logran determinar a través de investigación y la experimentación. Esta investigación tiene como objetivo evaluar distintas formulaciones de mezclas de almidón de yuca y sorgo, utilizadas para la

obtención de recubrimientos comestibles, con el fin de determinar su aplicabilidad en la industria alimentaria específicamente en frutas.

ALCANCES

- Se aplicará la metodología de diseño de experimento n^x para determinar la formulación de las biopelículas comestibles.
- Se obtendrá almidón de yuca (*Manihot esculenta*) a partir de la variedad Señora está en la mesa, mediante extracción no enzimática, debido a que, ésta es una de las variedades más cultivadas y comercializadas en El Salvador.
- Se aplicará el método de detección cualitativo de taninos en sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para descartar que los granos sean de naturaleza astringente.
- Se obtendrá almidón de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) a partir de la variedad CENTA RCV, la cual es un sorgo blanco que presenta las propiedades de color, dureza y ausencia de taninos idóneas para la elaboración de harinas.
- Se determinará el rango de temperatura adecuado para la elaboración de las biopelículas.
- Se aplicará la metodología empleada por (Charro Espinosa, 2015) para la elaboración de películas biodegradables a base de almidón.
- Se evaluará la biodegradabilidad de la biopelícula obtenida.
- Se evaluará la permeabilidad al vapor de agua de cada una de las biopelículas obtenidas por medio de la norma ASTM-E96 /96-M05.
- Se evaluará la solubilidad al agua de cada una de las biopelículas obtenidas de acuerdo a la metodología propuesta por (Dall, 2013).
- Se aplicará la biopelícula comestible seleccionada en frutas frescas, evaluando los siguientes parámetros: sólidos solubles (°Brix), cambio de peso (humedad), pH y acidez titulable.
- Se realizará una evaluación sensorial a partir de pruebas orientadas al consumidor, y en específico, prueba de aceptabilidad, para determinar el grado

de aceptación de la biopelícula comestible aplicada en frutas frescas por parte de los potenciales consumidores.

- Se acudirá al Laboratorio del Parque Tecnológico en Agroindustria (PTA), así como al Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdoba” (CENTA), para la extracción y caracterización del almidón de Sorgo y Yuca, haciendo uso de sus instalaciones y recibiendo la asesoría que ambas instituciones estén dispuestas a brindar.

LIMITACIONES

- La dependencia del uso de las instalaciones y equipos del Laboratorio de Alimentos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdoba” (CENTA) y el laboratorio del PTA (Parque tecnológico en agroindustria), en relación con la coordinación establecida previamente para llevar a cabo la investigación.

OBSERVACIONES

- Si por algún motivo, no hay disponibilidad de las variedades de materias primas especificadas, en el caso del sorgo se empleará una variedad criolla, que presente propiedades semejantes, en el caso de la yuca, se emplearían las variedades “San Carlos”, “Suavecita” o “Valencia”.

1. CAPITULO I. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEORICOS.

1.1. Generalidades de tecnología poscosecha de frutas

El manejo poscosecha de frutas se enfoca en prevenir o disminuir el deterioro de las características físicas y organolépticas asociadas con la calidad de las frutas, alargar la vida de anaquel y de manera indirecta asegurar la inocuidad de las mismas. El manejo poscosecha se divide en dos disciplinas; la fisiología poscosecha, que busca comprender los mecanismos fisiológicos involucrados en los cambios que ocurren durante la manipulación y almacenamiento de las frutas cosechadas y las tecnologías poscosecha, que tienen como objetivo, identificar las condiciones de manipulación y almacenamiento, que permiten extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de las frutas cosechadas (Shewfelt, 2009).

1.1.1. Factores involucrados en el deterioro de frutas.

Para reducir las pérdidas de frutas en la cadena de manejo es necesario entender los factores involucrados en el deterioro y descomposición de las frutas. Los factores intrínsecos o factores biológicos son todos aquellos inherentes a los productos manejados, mientras que los factores extrínsecos o factores ambientales se relacionan con las condiciones en las cuales se manejan los productos durante las etapas poscosecha (Kader, 2002).

1.1.1.1. Factores intrínsecos (Kader, 2002).

Estos se relacionan con el metabolismo de las frutas y como altera a sus propiedades y características. Procesos como la respiración, producción de etileno, transpiración, continúan en las frutas aun después de ser cosechadas. Estos procesos provocan cambios en la estructura y la composición de las frutas, los cuales pueden afectar la calidad e inocuidad de las mismas.

a) Respiración.

Es el proceso metabólico en el cual las reservas orgánicas de las frutas son degradadas a moléculas más simples, provocando una liberación de energía. La respiración poscosecha provoca la aceleración de la senescencia, a medida las reservas de nutrientes se agotan, la reducción en el valor nutritivo, pérdida de sabor especialmente la dulzura, pérdida del peso seco de las frutas, la liberación de energía provoca interferencias en el proceso de enfriamiento de los productos. La tasa de deterioro de productos cosechados es generalmente proporcional a la tasa respiratoria.

b) Producción de etileno.

Es una fitohormona producida por todos los tejidos de las plantas superiores. El etileno regula los procesos fisiológicos de las plantas como el crecimiento, desarrollo y senescencia. La tasa de producción de etileno de los productos hortofrutícolas aumenta en las etapas cercanas a la madurez, por daños físicos, incidencia de enfermedades, aumento de temperatura hasta los 30°C y estrés de agua. La producción de etileno en productos frescos es controlada reduciendo las temperaturas de almacenamiento, reducir los niveles de oxígeno abajo del 8%, aumentar los niveles de dióxido de carbono a más de 2%. Aunque no existe una correlación entre la tasa de producción de etileno y el grado de perecibilidad de las frutas, la presencia de etileno acelera su senescencia.

c) Transpiración.

Es un proceso físico que consiste en la evaporación de agua de los tejidos vegetales. La pérdida de agua resulta en pérdidas cuantitativas directas expresadas en peso, pérdidas en la apariencia por marchitamiento y deshidratación, pérdida de la textura, jugosidad y valor nutricional. La tasa de respiración es influenciada por factores relacionados con las características morfológicas y anatómicas, daños en la superficie, el estado de madurez de los productos, la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa, el movimiento de aire durante el almacenamiento, la presión atmosférica. La transpiración en los frutos puede

controlarse con la aplicación de recubrimientos y envolturas o por medio del control de la humedad relativa y la circulación del aire.

1.1.1.2. Factores extrínsecos (Kader, 2002).

Son las condiciones ambientales a las cuales son sometidos los productos durante las etapas de manejo y almacenamiento. Éstas presentan la ventaja de poder ser controladas para ser beneficiosas en la conservación de calidad de los productos. Los factores extrínsecos no controlados intensifican los efectos perjudiciales de los factores intrínsecos en la calidad de los productos.

a) Temperatura.

La exposición a temperaturas no deseadas provoca muchos problemas fisiológicos, influye en el efecto del etileno, el efecto de las cantidades reducidas de oxígeno y elevadas de dióxido de carbono, la germinación de esporas, crecimiento de patógenos.

b) Humedad relativa.

La tasa de pérdida de agua de las frutas depende de la diferencia de presiones de vapor entre la superficie del producto y el medio ambiente, tanto la temperatura y la humedad relativa tienen influencia en la pérdida de agua.

c) Composición atmosférica.

El control del nivel de oxígeno o de dióxido de carbono durante el almacenamiento puede atrasar o acelerar el deterioro de los productos frescos. La incidencia de estos gases depende del tipo de producto, variedad, edad fisiológica, concentraciones de los gases, temperatura y tiempo de almacenamiento.

1.1.2. Aplicación de tecnologías poscosecha.

Los productos hortofrutícolas están expuestos a sufrir deterioro en su calidad durante toda la cadena de producción y distribución. Para disminuir el deterioro es necesario controlar los factores extrínsecos a los cuales están expuestos los productos durante cada etapa desde la cosecha.

1.1.2.1. Cosecha de frutas.

La cosecha es particularmente importante para las posteriores etapas de manejo de las frutas debido a que, en ella se establecen las características iniciales de las frutas las cuales no se pueden mejorar durante el resto de la cadena, sino solamente mantener. Durante la etapa de cosecha, es necesario tomar en cuenta el grado de madurez que la fruta cosechada debe presentar, debido a que esto influye en la vida de anaquel y las características de calidad finales de las frutas. Realizar la cosecha en una etapa errónea puede causar que el proceso de maduración posterior sea disparejo o que la fruta cosechada se madure en exceso. Un criterio ampliamente usado para determinar el momento apropiado para la cosecha, es basarse en la coloración del exterior de la fruta (Sivakumar y Wall, 2013).

1.1.2.2. Acopio de frutas.

Inmediatamente después de la cosecha se realiza la etapa de recolección, ambas guardan relación con la importancia de mantener una temperatura adecuada. Generalmente la cosecha y recolección se realizan a tempranas horas de la mañana debido a que, a medida aumenta la temperatura las frutas se hacen más propensas a sufrir daños mecánicos durante la manipulación y a sufrir degradación de tejidos la cual facilita la proliferación de microorganismos patógenos como: *Phomosis* y *Rhizopus spp* (Sivakumar y Wall, 2013)

a) Control de la temperatura durante el acopio.

El control de la temperatura es esencial durante todas las etapas posteriores del manejo de frutas. Por lo tanto, el diseño de las instalaciones usadas para el acopio y transporte debe tomar en cuenta la temperatura inicial de las frutas recolectadas, la capacidad de enfriamiento instalada, las condiciones de los equipos usados para el enfriamiento, la cantidad de flujo de aire entre los productos, el tiempo estimado de almacenamiento (Shewfelt, 2009). Pruebas realizadas en frutos sometidos a fluctuaciones de temperatura fuera de su rango óptimo mostraron pérdida de firmeza y lesiones por enfriamiento. En general la vida de anaquel de las frutas

aumenta al disminuir la temperatura. Esto se debe a una serie de factores en los cuales la temperatura tiene incidencia: la tasa de respiración de frutos climatéricos desciende a bajas temperaturas, las enzimas responsables de la síntesis de etileno, carbohidratos, ácidos orgánicos, carotenoides y compuestos volátiles son inhibidas a bajas temperaturas, por lo tanto los procesos de maduración relacionados con cambios de color, sabor y textura son retrasados (Sivakumar y Wall, 2013). El deterioro de los productos se incrementa de dos a tres veces por cada 10 °C que se aumentan de la temperatura ideal de almacenamiento. Las altas temperaturas provocan daños rápidamente en los productos. Debido a que estos no presentan mecanismos de transpiración son susceptibles al calentamiento de tejidos el cual provoca muerte celular, evidenciada como manchas de necrosis o blanqueamiento. Las temperaturas debajo de la óptima también provocan daños en los productos. La congelación ocurre gracias a los altos contenidos de agua en los tejidos de las frutas (75%-95%) y a su punto de congelación altos (-3°C a -0.5°C) esta provoca colapso de tejidos y la pérdida total de integridad celular. Las lesiones por enfriamiento ocurren con mayor frecuencia en frutas tropicales almacenadas a temperaturas por encima de su punto de congelación pero muy por debajo de su temperatura óptima de almacenamiento, esto provoca pérdida de color en los tejidos internos y externos, falta de maduración o maduración irregular, pérdida de sabores y alta susceptibilidad al ataque de patógenos (Kader, 2002).

b) Control de la humedad relativa durante el acopio.

Al igual que la temperatura la humedad relativa es una condición la cual si se mantiene dentro del rango adecuado alarga la vida de anaquel de las frutas. La humedad relativa afecta directamente en la pérdida de agua de las frutas, acelera el deterioro, afecta el proceso de maduración. El rango óptimo de humedad relativa para el almacenamiento de frutas es de 85% a 95%. El control de la temperatura y de la humedad relativa del ambiente durante el transporte es esencial. Se deben evitar las fluctuaciones de temperatura, durante periodos prolongados de tiempo, debido a que estas producen condensación sobre las frutas la cual aumenta la tasa

de descomposición (Sivakumar y Wall, 2013). Los procedimientos aplicados para controlar la humedad relativa incluyen uso de humidificadores de aire, regular el flujo de aire en función de la cantidad de producto almacenado en los cuartos fríos, mantener una diferencia de temperaturas entre las instalaciones de almacenamiento y el aire de alrededor de 1°C, usar barreras contra la humedad que aislen las paredes de los cuartos de almacenamiento (Shewfelt, 2009).

c) Aplicación de atmosfera controlada en la etapa de acopio.

La presencia de etileno durante el almacenamiento y transporte acelera el proceso de maduración, lo que provoca pérdidas de firmeza y productos sobre madurados. Para evitar los efectos perjudiciales del etileno, este puede ser removido del ambiente que rodea a la fruta en almacenamiento. El inhibidor de metileno 1-metilciclopropeno (1-MCP) ha demostrado que en algunas frutas climatéricas previene la maduración irregular causada por exposición al etileno exógeno, así como prevenir el ablandamiento de tejidos. El daño a las membranas causado por las bajas temperaturas de almacenamiento induce la síntesis de metileno por vía enzimática. Se ha determinado que el uso de absorbentes de etileno dentro de los empaques reduce las lesiones por frío después de 20 días a 7°C y se ha establecido una posible relación con la reducción de pérdida de agua y la baja respiración de dióxido de carbono (Sivakumar y Wall, 2013).

1.1.2.3. Etapa de distribución al por menor.

Es la última etapa en la cadena de distribución de las frutas frescas, los consumidores deciden entre aceptar o rechazar el producto. Es quizás la etapa menos controlada debido a que en ella se prioriza el atraer compradores y no necesariamente mantener las condiciones de calidad. La calidad de los productos es reducida por las condiciones de temperatura, humedad relativa e iluminación en las cuales los productos son exhibidos al consumidor, por la exhibición cercana de frutas de naturaleza no compatible y el grado de manipulación del personal. (Shewfelt, 2009).

1.2. Generalidades de los recubrimientos comestibles.

Un recubrimiento comestible es una sustancia aplicada en el exterior de los alimentos mediante, inmersión en una solución formadora del recubrimiento, pulverización o cepillado para crear una atmósfera modificada con el fin de preservar su calidad y servir de empaque, de manera que el producto final sea apto para el consumo. Estos recubrimientos deben ser legales, inocuos, aceptables sensorialmente y deben proporcionar un valor agregado al alimento, su principal función es proteger al producto de daños mecánicos, físicos, químicos y actividades microbiológicas que lo deterioren (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013). Se considera un recubrimiento ideal, aquel que puede prolongar la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas frescas sin causar anaerobiosis y reduce la descomposición sin afectar su calidad (Dhall, 2016).

1.2.1. Composición de recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles pueden ser elaborados a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o en combinaciones que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir, conjuntamente plastificantes y emulsificantes que se utilizan de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película o recubrimiento (Fernández Valdés, y otros, 2015).

A continuación, se describen los diferentes componentes más utilizados para la formulación de recubrimientos comestibles.

1.2.1.1. Hidrocoloides: Polisacáridos y proteínas

Los biopolímeros de altos pesos moleculares y solubles en agua son denominados comúnmente hidrocoloides (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2010).

Las películas o recubrimientos formulados a base de hidrocoloides tienen aplicaciones en los casos en los que el control de la migración del vapor de agua no

es el objetivo, ya que éstas son excelentes como barrera para la difusión del O₂, CO₂ y lípidos. La mayoría de estas películas también tienen propiedades mecánicas y estructurales deseables que las hacen útiles para mejorar la integridad estructural de productos frágiles (Morales Reyes, 2011).

a) Polisacáridos.

Entre los carbohidratos formadores de películas están incluidos la celulosa, pectinas, almidón, almidones químicamente modificados, alginatos, quitosano, carragenina y gomas vegetales. Las películas formuladas con polisacáridos ofrecen buena barrera a los gases y se adhieren bien a las superficies cortadas de frutas y hortalizas. Sin embargo, su funcionalidad como barrera contra la pérdida de humedad es pobre debido a su naturaleza hidrofílica. Hay gran disponibilidad, generalmente son de bajo costo y no son tóxicos. Entre las ventajas potenciales de los recubrimientos a base de polisacáridos se pueden mencionar que no son grasos, son películas de bajas calorías y pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas sin alto riesgo de desarrollar condiciones de anaerobiosis, por lo que su aplicación en la agricultura se ha vuelto popular debido a sus propiedades para modificar la atmósfera interna de una manera similar a las atmósferas controladas (Fernández Valdés, y otros, 2015).

b) Proteínas.

Las proteínas como la caseína, gelatina, proteína de soya, zeína, albúmina de huevo, son buenas formadoras de películas y se adhieren a las superficies hidrofílicas, pero en la mayoría de los casos no resisten la difusión al vapor de agua. Los recubrimientos a base de proteínas para productos vegetales no han tenido mucho éxito. Sin embargo, el desarrollo de cubiertas compuestas en las que se combinan proteínas con materiales hidrofóbicos ofrece muchas oportunidades para este propósito (De Ancos, González Peña, Colina Coca, y Sánchez Moreno, 2015).

1.2.1.2. Lípidos y resinas

Los recubrimientos a base de estos componentes como ingredientes mayoritarios se elaboran con ceras y aceites como la cera o aceite de parafina, cera de abejas, cera de carnauba, cera de candelilla, aceite mineral, aceite vegetal, monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ácido láurico, o ésteres de ácidos grasos-sacarosa. Generalmente, estas cubiertas son barreras efectivas contra la humedad, mientras que las que contienen resinas son más permeables al vapor de agua, aunque en menor grado que algunos recubrimientos de polisacáridos (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2010). Estos recubrimientos se han aplicado en frutas y hortalizas enteras. Se ha reportado que algunos lípidos y la mayoría de las cubiertas de resinas, pueden generar condiciones anaeróbicas debido a sus características de baja permeabilidad a gases; además no se adhieren a superficies cortadas de naturaleza hidrofílica (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013).

1.2.1.3. Multicomponentes

Con la intención de aprovechar las ventajas de los diferentes componentes, las formulaciones se elaboran combinando los materiales mencionados anteriormente en diferentes proporciones. En estas cubiertas compuestas, el uso de 2 ó más materiales combinados permiten mejorar las propiedades de intercambio gaseoso, adherencia y permeabilidad al vapor de agua (Morales Reyes, 2011). Este tipo de recubrimientos tienen potencial para ser utilizado en productos vegetales enteros o mínimamente procesados (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2010).

1.2.1.4. Otros ingredientes.

Ciertos componentes se adicionan, en menores cantidades, a las formulaciones de los recubrimientos para modificar propiedades como: mecánicas, a estos compuestos se les clasifica como plastificantes o emulsificantes (Morales Reyes, 2011); otro tipo de ingredientes son utilizados para dotar de propiedades antimicrobianas a los recubrimientos.

a) Los plastificantes.

Estos son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos. Generalmente se requieren plastificantes como el glicerol en las formulaciones a base de polisacáridos y de proteínas, para aumentar la flexibilidad de los recubrimientos al aumentar el volumen libre o la movilidad molecular de los polímeros ya que reducen los enlaces hidrógeno internos entre las cadenas de polímeros. Los plastificantes afectan la capacidad de atracción de agua del sistema y generalmente suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno de los recubrimientos comestibles (De Ancos, González Peña, Colina Coca, y Sánchez Moreno, 2015).

Dentro de los agentes plastificantes utilizados más frecuentemente se encuentran: glicerol, polietilenglicol, sorbitol, aceites, ácidos grasos, ceras, etc., siendo el glicerol uno de los más utilizados (Dhall, 2016).

b) Antimicrobianos

Se utilizan para controlar el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias, son compuestos usados para retardar o prevenir el deterioro fisicoquímico o microbiológico de los alimentos, los cuales pueden deteriorarse a través de cambios adversos causados por la presencia de enzimas, oxígeno, luz perdida de humedad o más importante la acción de microorganismos (Morales Reyes, 2011).

1.2.2. Propiedades de los recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles aplicados en la cadena hortofrutícola producen una atmósfera modificada en la fruta, reducen el deterioro, retrasan la maduración de frutas climatéricas, reducen la pérdida de agua, retardan los cambios de color, mejoran la apariencia, disminuyen la pérdida de aromas, reducen el intercambio de humedad entre trozos de frutas, transportan compuestos antioxidantes y estabilizantes de la textura, mantienen el color y sabor, y pudieran servir como transporte de otras sustancias (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2010). Entre las

principales propiedades de los recubrimientos comestibles pueden destacar las siguientes:

1.2.2.1. Propiedades de barrera

Para muchas aplicaciones, la característica funcional más importante de los recubrimientos comestibles es la resistencia a la migración de humedad. La deshidratación superficial constituye uno de los principales problemas en el mantenimiento de la calidad de los productos hortofrutícolas (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013).

La naturaleza del recubrimiento comestible empleado desempeña un papel muy importante, a mayor naturaleza hidrofílica de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua (Morales Reyes, 2011). Los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales, tales como los polisacáridos (almidón y derivados de la celulosa, alginatos, pectinas, gelano, carragenano, entre otros), así como aquellos a base de proteínas, muestran una baja resistencia al agua y poseen propiedades deficientes de barrera como consecuencia de su naturaleza hidrofílica hortofrutícolas (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013).

Por otro lado, la habilidad de los recubrimientos comestibles para modificar el transporte de gases es importante para productos como frutas y vegetales frescos, los cuales son caracterizados por tener un metabolismo activo. Los recubrimientos comestibles aplicados a productos que respiran deben permitir una correcta modificación del entorno gaseoso dentro del envase (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013). Su uso sobre frutas permite la producción de una atmósfera modificada mediante un aislamiento del producto del ambiente que lo rodea (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2010).

1.2.2.2. Propiedades mecánicas

Es importante que el recubrimiento comestible tenga unas buenas propiedades mecánicas, pues, por mucho que dé resultados óptimos en las propiedades de

barrera, de nada serviría si éste no va a conservar una mínima integridad durante el manejo, el embalaje y el transporte (Dhall, 2016).

Las propiedades mecánicas de los recubrimientos y películas comestibles dependen en gran medida del tipo de material empleado en su elaboración, especialmente de su grado de cohesión, es decir, la habilidad del polímero para formar muchos puentes moleculares entre las cadenas poliméricas y que éstos sean estables. Se conoce que un aumento del contenido de plastificante conducirá a una disminución de la fuerza de tensión y del módulo elástico (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013).

1.3. Almidón

El almidón es el principal material polisacárido de almacenamiento de energía en el reino vegetal (Kramer, 2009). Éste se encuentra tanto en hojas, flores, frutas y semillas, como en diferentes tipos de tallos y raíces. La cadena bioquímica responsable de la síntesis de almidón implica moléculas de glucosa producidas en las células vegetales por fotosíntesis. El almidón se forma en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos, orgánulos responsables, de la síntesis de reserva de almidón de cereales y tubérculos (Smith, 2001) . El almidón se almacena y se moviliza cíclicamente durante la germinación de las semillas, la maduración del fruto y el brote de los tubérculos (Ellis, y otros, 1998). La principal ubicación de la síntesis de almidón y el almacenamiento en los cereales es el endospermo. Las principales fuentes de almidón son los cereales (del 40 al 90%), las raíces (del 30 al 70%), los tubérculos (del 65 al 85%), las legumbres (del 25 al 50%) y algunas frutas inmaduras como el banano o el mango, que contienen aproximadamente 70% de almidón en peso seco (Santana y Meireles, 2014). El patrón de acumulación de gránulos de almidón en cada tejido vegetal, forma, tamaño, estructura y composición es único para cada especie botánica (Smith, 2001).

1.3.1. Amilosa y Amilopectina.

El almidón es una mezcla del predominante α -(1 \rightarrow 4) glucano o amilosa, y del altamente ramificado, glucano de alto peso molecular o amilopectina. La amilopectina es un glucano con α -(1 \rightarrow 4) enlaces glucosídicos conteniendo α -(1 \rightarrow 6) en los puntos de ramificación (Kramer, 2009). Ambas unidades estructurales, que forman el almidón, se pueden observar en la figura 1.1.

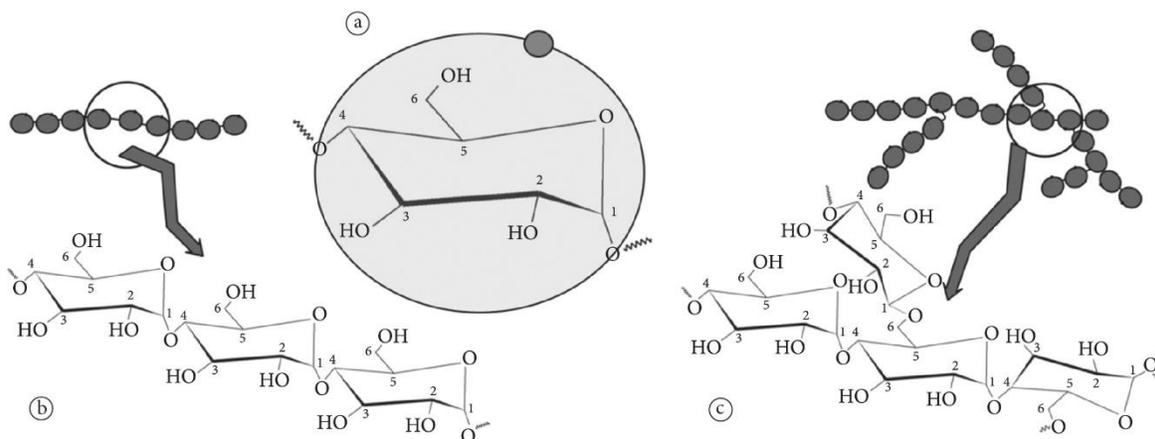


Figura 1-2 Diseño estructural básico de (a) unidades de glucosa, (b) amilosa, (c) amilopectina. Ref.: (Alcázar-Alay y Meireles, 2015)

La amilosa y la amilopectina se pueden disponer en una estructura semicristalina formando una matriz de gránulos de almidón con material amorfo alternante (amilosa) y cristalino (amilopectina), que se conoce como anillos de crecimiento en almidón vegetal superior (Jenkins, Cameron, y Donald, 1993).

De los dos polímeros del almidón, la amilosa es la más estrechamente relacionada con la habilidad de formar películas y recubrimientos debido a su predominante naturaleza lineal. El almidón es abundante tanto en la naturaleza como un producto comercial disponible de bajo costo. Una película o un recubrimiento puede ser obtenido de cualquier tipo de almidón que contenga amilosa, siempre y cuando se moldee, en las condiciones necesarias (Gaillard, 1987).

1.3.2. Características de los gránulos de almidón.

Los gránulos de almidón tienen tamaños microscópicos con diámetros comprendidos entre 0,1 y 200 μm , y su morfología varía entre diferentes formas, como oval, elipsoidal, esférica, lisa, angular y lenticular, dependiendo de la fuente botánica (Buléon, Colonna, Planchot, y Ball, 1998) (Hoover, Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review, 2001) (Singh, Singh, Kaur, Singh Sodhi, y Singh Gill, 2003).

Los gránulos de almidón tienen estructuras muy complejas. La complejidad se basa en las variaciones en: su composición (α -glucanos, humedad, lípidos, proteínas y fosforilación), estructura de los componentes y variación entre regiones amorfas y cristalinas. La amilosa asociada con ramas grandes de moléculas de amilopectina comprende la región amorfa de gránulos, y las moléculas de amilopectina con ramas cortas comprenden la región cristalina; Por lo tanto, una mayor proporción de amilopectina en gránulos de almidón da como resultado una mayor cristalinidad (Cheetham y Tao, 1998). Existen tres tipos de estructuras cristalinas: características de tipo A de almidones de cereales, tipo B encontradas en tubérculos y tipo C presentes en leguminosas (Singh, Singh, Kaur, Singh Sodhi, y Singh Gill, 2003)

La distribución del tamaño puede ser uni-, bi- o polimodal. En los amiloplastos, los gránulos de almidón están presentes individualmente o en grupos (Jane, Kasemsuwan, Leas, Zobel, y Robyt, 1994) (Pérez y Bertoft, 2010). En la siguiente tabla se presentan las propiedades fisicoquímicas de diferentes almidones nativos, provenientes de distintas fuentes.

Tabla 1-1. *Morfología y composición de gránulos de almidón nativo proveniente diversas fuentes.*

Variedad	Variedad/ designación	Forma de gránulo	Diámetro	Lípidos (%p/p)	Proteína (% p/p)	Fosforo (%p/p)	Amilosa (%p/p)	Grado de cristalinidad/ Tipo de cristal
Trigo	Nativo	Esférico y lenticular	<30 22-36	0.08-0.12	0.2 – 0.3	0.4	25.6±1.0	27.7 ± 2.7/ A
	Ceroso	Tipo A: Esférico o elipsoidal	Tipo A: >10	0			1.0 ± 0.5	30.0 ± 2.1/ A
	Alto % Amilosa	Tipo B: Forma de disco y lenticular	Tipo B: <10				37.5 ± 1.0	9.4 ± 2.5/ C
Cebada	Nativo		Tipo A: 10 – 25 Tipo B: 5	0.7 - 1.2	0.2 – 0.4		19 -22.1 25.3 – 30.1	
	Ceroso	Tipo A: Forma de disco Tipo B: lenticular	Tipo A: 10 – 25 Tipo B: 5	0.3 – 0.5	0.06 -0.15		1.8 - 3.6 2.1 – 8.3	
	Alto % Amilosa		Tipo A: 15 – 32 Tipo B: 2-3	1.0 – 1.7			18.2 – 24.1 38.4 – 44.1	

Continúa...

Tabla 1-1 Morfología y composición de gránulos de almidón nativo proveniente diversas fuentes.

Variedad	Variedad/ designación	Forma de gránulo	Diámetro	Lípidos (%p/p)	Proteína (% p/p)	Fosforo (%p/p)	Amilosa (%p/p)	Grado de cristalinidad/ Tipo de cristal
Maíz	Nativo	Angular	11.5 ± 0.3	0.6-0.8 0.3-0.53	0.4	0.31 – 0.35	28.5 23.86±0.66 25.8 – 32.5	19.2±1.4 / A
	Ceroso			0.01 – 0.05			1.4 -2.7	
	Alto % Amilosa	Poligonal y angular		0.38 -0.67	0.02		70 42.6 – 67.8	
Sorgo	Nativo	Poligonal, dentado, redondo	Poligonal 8 – 14.5 Redondo 8 - 10	0.8	2.3		23.7 – 27.6	26 -30/ A
	Ceroso	Más alargado que el sorgo normal	5-25		< 0.3		0 - 3.5	
	Hetero- ceroso					14		
Arroz	Nativo	Angular, poligonal	<20 2-8	0.6 – 1.4	0.1	0.1	21-25	
	Ceroso						0 - 2	
	Alto % Amilosa						>25	

Continúa...

Tabla 1-1 Morfología y composición de gránulos de almidón nativo proveniente diversas fuentes.

Variedad	Variedad/ designación	Forma de gránulo	Diámetro	Lípidos (%p/p)	Proteína (% p/p)	Fosforo (%p/p)	Amilosa (%p/p)	Grado de cristalinidad/ Tipo de cristal
Papa		Superficie lisa, ovalada e irregular	<110	0.1	0.1	0.6	29.3±0.2	45.9 – 0.6
Camote		Poligonal	5 – 25				28.9 – 0.35	
Yuca		Forma de hojuela e irregular	5 – 25	0.2	0.3	0.01	23.7±0.1 8 - 25	48±0.2/A 12-15/B
Cúrcuma		Poligonal y angular	5 -70		0.6±0.1		48±3	
Jengibre		Poligonal y angular	5 – 40		0.53±0.01		34±2	
Ñame			3 – 22				26.3±0.2	48.5±0.3 / C

Ref.: (Alcázar-Alay y Meireles, 2015)

1.3.3. Birrefringencia y temperatura de transición vítrea (Tg).

La birrefringencia es la capacidad de refractar doblemente la luz polarizada. Todos los gránulos de almidón en su forma nativa presentan birrefringencia, la cual es proporcional a su estructura cristalina (BeMiller y Whistler, 2009). La pérdida de birrefringencia en gránulos de almidón está asociada con deformación debida a su modificación (Liu, Lelievre, y Ayoung-Chee, 1991).

La temperatura de transición vítrea (Tg) es un parámetro importante que afecta las propiedades físicas de los polímeros. La transición vítrea se produce de forma similar a una transición termodinámica de segundo orden, donde el volumen específico y la entalpía son funciones de la temperatura (Biliaderis, Lazaridou, y Arvanitoyannis, 1999). Tg describe la temperatura de inducción de la transición progresiva, desde un estado amorfo a un estado gomoso a medida que se calienta el material, generalmente en presencia de un disolvente o plastificante cuando se hace referencia a polisacáridos (Tester y Debon, Annealing of starch — a review, 2000).

1.3.4. Capacidad de hinchamiento y solubilidad de los gránulos de almidón.

Una de las características estructurales más importantes del almidón, es que pasa a través de diferentes etapas, desde la absorción de agua hasta llegar a la desintegración de los gránulos. La absorción de agua y la consiguiente hinchazón del gránulo de almidón contribuyen a la separación de fases de amilopectina-amilosa y pérdida de cristalinidad, lo que a su vez promueve la lixiviación de amilosa en el espacio intergranular (Conde-Petit, Nuessli, Arrigoni, Escher, y Amadò, 2001).

La capacidad de hinchamiento y la solubilidad del almidón ilustran las interacciones de las cadenas poliméricas que comprenden las fracciones de gránulos amorfos y cristalinos (Zhang, Whistler, BeMiller, y Hamaker, 2005). El grado de esta interacción está influenciado por la proporción de amilosa-amilopectina y es

característico de cada molécula dependiendo del grado de polimerización, longitud y grado de ramificación de la cadena, peso molecular y conformación molecular (Hoover, Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review, 2001). La capacidad de hinchamiento del almidón está directamente asociada con el contenido de amilopectina porque la amilosa actúa como un diluyente e inhibidor del hinchamiento (Singh, Singh, Kaur, Singh Sodhi, y Singh Gill, 2003).

1.3.5. Propiedades de gelatinización y retrogradación del almidón.

El almidón, cuando se calienta en presencia de exceso de agua, sufre una fase de transición conocida como gelatinización, y existe un intervalo de temperatura característico para la gelatinización correspondiente a cada especie de almidón. La gelatinización se produce cuando el agua se difunde en el gránulo, que luego se hincha sustancialmente debido a la hidratación de la fase amorfa, causando pérdida de cristalinidad y orden molecular (Donovan, 1979) (Jenkins, Cameron, y Donald, 1993) (Jiménez, María José FabraPau, y Amparo Chiralt, 2012).

El progreso de la gelatinización a lo largo del gránulo está determinado por las propiedades fisicoquímicas del almidón, la presencia de otros ingredientes, la disponibilidad de agua y los parámetros del proceso aplicados (es decir, temperatura, tiempo y energía mecánica) (Schirmer, Jekle, y Becker, 2015).

La interacción molecular producida después de la gelatinización y enfriamiento de la pasta se conoce como retrogradación (Hoover, Acid-treated starches, 2000), Durante la retrogradación, las moléculas de amilosa se asocian con otras unidades de glucosa para formar una doble hélice, mientras que las moléculas de amilopectina se recristalizan mediante la asociación de sus pequeñas cadenas (Singh, Singh, Kaur, Singh Sodhi, y Singh Gill, 2003).

Después de la retrogradación, el almidón presenta menor gelatinización y entalpía en comparación con el almidón nativo debido a que su estructura cristalina se ha debilitado (Sasaki, Zhen, Fukushima, Adschiri, y Arai, 2000). Inicialmente, el

contenido de amilosa ejerce una fuerte influencia sobre el proceso de retrogradación; una gran cantidad de amilosa se asocia con una fuerte tendencia a la retrogradación.

1.3.6. Propiedades reológicas y térmicas del almidón.

La pasta de almidón se forma inmediatamente después de la gelatinización, y los gránulos de almidón son cada vez más susceptibles a la desintegración por cizallamiento debido a que están hinchados. La pasta obtenida es una masa viscosa, consistente en una fase continua solubilizada de amilosa y amilopectina y una fase discontinua de los restantes gránulos de almidón (Ambigaipalan, y otros, 2011). La funcionalidad del almidón está directamente relacionada con la gelatinización y las propiedades de la pasta (Šubarić, Ačkar, Babić, Sakač, y Jozinović, 2012).

La presencia de cadenas relativamente cortas de amilosa y amilopectina añade opacidad a suspensiones de almidón y alimentos que las contienen (Alcázar-Alay y Meireles, 2015). La claridad de la pasta se determina comúnmente por el porcentaje de transmitancia de una solución diluida de almidón (1% p/p) a una longitud de onda de 650 nm (Bello-Pérez, 1996); (Ulbrich y Flöter, 2014).

Las propiedades reológicas describen el comportamiento de los materiales sometidos a fuerzas de corte y deformación, que son considerados complejos viscoelásticos. La característica básica de la reología del almidón es su viscosidad. Otras características reológicas, implican textura, transparencia o claridad, resistencia al corte y la tendencia a la retrogradación. Todas estas características juegan un papel importante en las aplicaciones comerciales del almidón (BeMiller y Whistler, 2009).

1.4. La yuca.

La yuca, clasificada como *Manihot esculenta* de la familia de las Euphorbiaceae, es una planta de origen americano, su cultivo en tiempos precolombinos se

centralizaba en México, Centroamérica y el noreste de Brasil. Posteriormente su cultivo fue promovido por los colonos europeos en África alrededor del siglo XVI y más tarde en Asia en 1850. Debido a que su cultivo es relativamente fácil, tiene buen rendimiento, no es susceptible a ser atacada por enfermedades o plagas y los tubérculos de sus raíces son valiosos tanto por su valor como alimento, así como para su explotación en la extracción de almidón de buena calidad.

1.4.1. Variedades de yuca cultivadas en El Salvador.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) posee la mayor colección de yuca del mundo con 5,724 clones de *Manihot esculenta*. El 96% de la colección proviene de América latina. El Salvador, debido a su alta diversidad en especies de yuca, está catalogado por el CIAT como un país con áreas de alta prioridad para la adquisición de especies (Sanchez, 2007). De acuerdo a datos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) las variedades de yuca más cultivadas en El Salvador son del tipo dulce identificadas como: *Señora está en la mesa, valencia, San Carlos, Cacao Guatemala 30, Ritchmond stick y Suavecita*. Todas ellas con un ciclo vegetativo de entre 9-12 meses con un rendimiento de 21.55 ton/ha (CENTA, 1993).

1.4.2. Cultivo y producción de yuca.

El cultivo de la yuca difiere según el fin al que se destine, se planta como cultivo único, o como intercultivo, con maíz, hortalizas, legumbres y otros. La yuca puede producir una cosecha económica en suelos que se consideran agotados por un cultivo repetido, por lo general la yuca no se cultiva en suelos que proporcionen su máxima producción debido a que se reservan para otros cultivos menos tolerantes a la falta de nutrientes. En zonas tropicales el cultivo de yuca tienen los mejores resultados al plantarse al comienzo de una estación húmeda (Grace, 1977).

1.4.2.1. Requerimientos para el cultivo de yuca.

La yuca se reproduce exclusivamente por estaca, el uso de esta técnica produce plantas que se arraigan rápidamente y que poseen carácter idéntico a las progenitoras. Se han realizados experimentos con el objetivo de determinar la relación entre las edades de las estacas y sus rendimientos, estos concluyen que las estacas tomadas 75 cm o más por debajo del ápice del tallo dieron los mejores rendimientos de almidón. Se requiere de clima tropical, cálido y húmedo, las temperaturas bajas alrededor de 10°C o menores provocan el cese de crecimiento de la planta. La mejor producción de raíces se alcanza en tierras con una altura por debajo de 150 metros con temperaturas promedio de 25-27 °C. Experimentalmente se ha demostrado que el tiempo máximo de exposición al sol para optimizar la producción de almidón es de 12 horas.

1.4.2.2. Producción de yuca en El Salvador.

Debido a su gran utilidad en la dieta humana y su aprovechamiento industrial, la producción de yuca en El Salvador ha aumentado; gracias a las mejoras en técnicas de su cultivo y el diseño de nuevas variedades, el rendimiento de la producción nacional de yuca también ha incrementado. El comportamiento del cultivo de yuca, en El Salvador en los últimos años, según datos oficiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se presenta en las figuras 1.2, 1.3, 1.4.

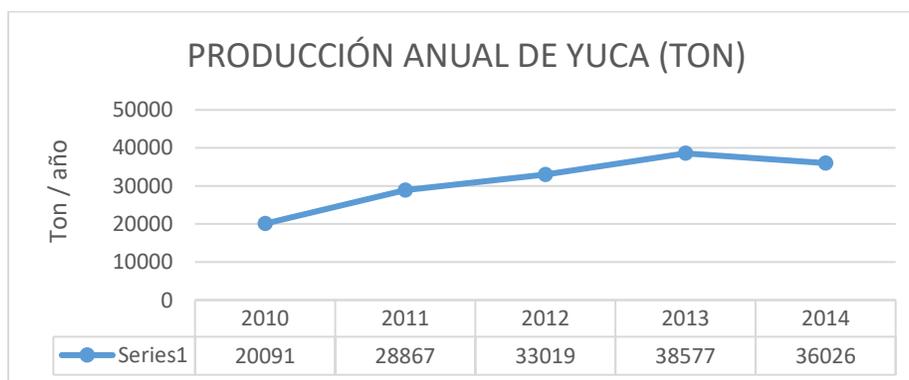


Figura 1-2. Producción anual de yuca expresada en toneladas en El Salvador, para los años de 2010-2014. Ref. (FAO, 2017)

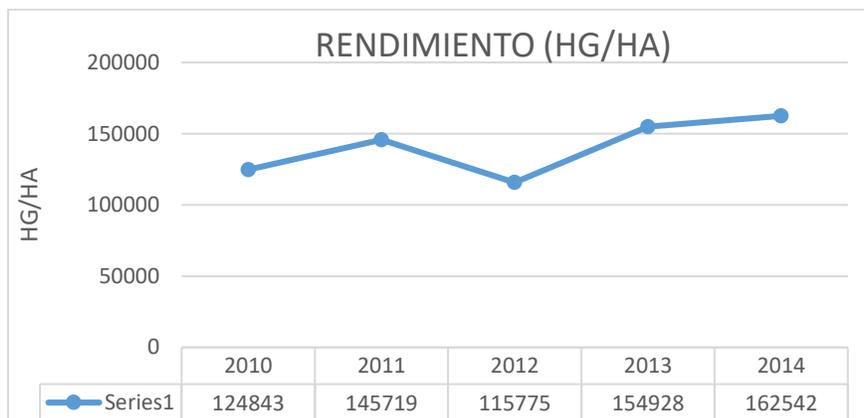


Figura 1-3. Rendimiento de la producción anual de yuca expresado en hg/ha (hectogramo por hectárea) en El Salvador, para los años de 2010-2014. Ref. (FAO, 2017).

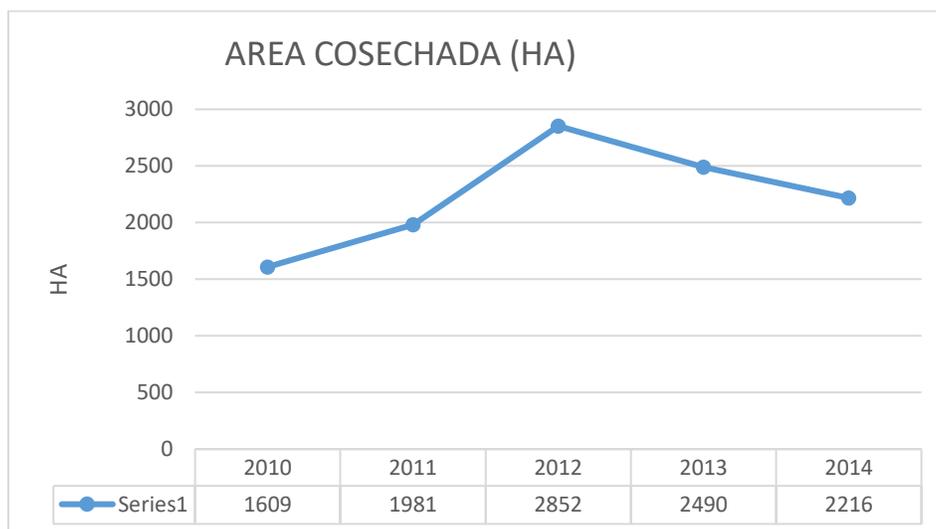


Figura 1-4. Área usada anualmente para la cosecha de yuca expresada en hectáreas en El Salvador, para los años 2010-2014. Ref. (FAO, 2017)

1.5. Sorgo

El sorgo es uno de los principales 5 cereales más cosechados en el mundo, junto al trigo, arroz, maíz y la cebada. *Sorghum bicolor* (L.) Moench, es un grano de cereal, empleado tanto en alimentos humanos, como alimentos animales, en regiones tropicales, subtropicales y templadas (Bajaj, 1988). Es un cultivo que se desarrolla

bajo condiciones ambientales hostiles, ya sea en cuanto a requerimientos de agua, nutrientes provenientes del suelo, incluso frente a plagas, patógenos y malezas.

El sorgo fue domesticado inicialmente en el noreste de África, probablemente hace 3000 o 5000 años atrás, luego se espació a otras partes de África, India, China y Europa llegando finalmente a América y Australia, como producto del comercio de esclavos (Bajaj, 1988). Según la clasificación de Harlan y de Wet (Harlan y De Wet, 1972) una de las más ampliamente utilizadas debido a su simplicidad y exactitud, existen 5 razas distintivas: bicolor, guinea, caudatum, kafir y durra, las cuales pueden cruzarse y son consideradas como especies única. Cada raza tiene características únicas, siendo la bicolor la más primitiva.

1.5.1. Variedades de sorgo cultivadas en El Salvador

En El Salvador el sorgo, también es denominado maicillo, luego del maíz blanco es el segundo grano con mayor volumen de producción (CENTA, 2007). Este cultivo es producido, no solo para la obtención de grano, destinado a la alimentación de humana, sino a la vez para la obtención de forraje utilizado en la alimentación para ganado bovino.

Los materiales de sorgo distribuidos en El Salvador, por el Centro de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), con apoyo del Instituto Internacional de sorgo y Mijo (INSOTORMIL) comprenden, tanto variedades de sorgos fotosensitivos como variedades de sorgos fotoinsensitivos.

a) Variedades de Sorgo Fotosensitivos (CENTA, 2007)

Las variedades de sorgo fotosensitivas, son destinadas a la siembra en asocio con maíz (sistema de siembra predominante en las áreas cultivadas con sorgo) con un ciclo de cultivo de 6 meses, y son utilizados por el productor con doble propósito: obtención de grano y forraje en forma de rastrojo para la alimentación del ganado bovino; además de la buena adaptación al asocio con el cultivo de maíz, se adaptan fácilmente a suelos pobres de nutrientes e incluso se obtienen buenos rendimientos

aun sin el uso de fertilizantes. Algunas de las variedades fotosensitivas de Sorgo más cultivadas en El Salvador son *86 E0 226*, *ES-790*, *85SCP805*.

b) Variedades fotoinsensitivas (CENTA, 2007)

Las variedades de sorgo fotoinsensitivas, se producen bajo el sistema de monocultivo, estas son: *ISIAP Dorado*, *CENTA Texistepeque*, *CENTA Oriental*, *CENTA Jocoro*, *CENTA RCV*, *CENTA Soberano*, *CENTA S-2* y *CENTA S-3*, sin embargo las más difundidas en el territorio salvadoreño son: *CENTA Soberano*, *CENTA RCV*, *CENTA S-2* y *CENTA S-3*, las cuales presentan las propiedades de color, dureza y ausencia de taninos idóneas para la elaboración de harinas y por lo tanto son aptas para la extracción de almidón, para la obtención de biopelículas o recubrimientos comestibles.

1.5.2. Cultivo y producción de sorgo

La importancia del cultivo de sorgo ha ido aumentando, no solo por su resistencia en ambientes hostiles, sino también a que a medida el tiempo pasa, este es más empleado en la alimentación humana. Por ejemplo, en la industria de panificación la harina de sorgo está tomando auge, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la de trigo, en las mezclas para la elaboración de pan, sin afectar la calidad de éste (CENTA, 2007).

Según datos oficiales de la FAO, El Salvador es el mayor productor de sorgo en la región Centro Americana, sin embargo, entre los años 2010 y 2014 las hectáreas cosechadas de este cultivo han ido disminuyendo de 96,512 ha a 81,639 ha, así como la producción del mismo entre 2010 y 2013, tal y como se observa en la figura 1-5 y figura 1-6.

Sin embargo, para el 2014 hubo un aumento en las toneladas anuales producidas y en términos de rendimiento se ha observado un incremento, con el paso del tiempo, por lo cual se espera que la producción de este cultivo se mantenga o siga con la tendencia al aumento.

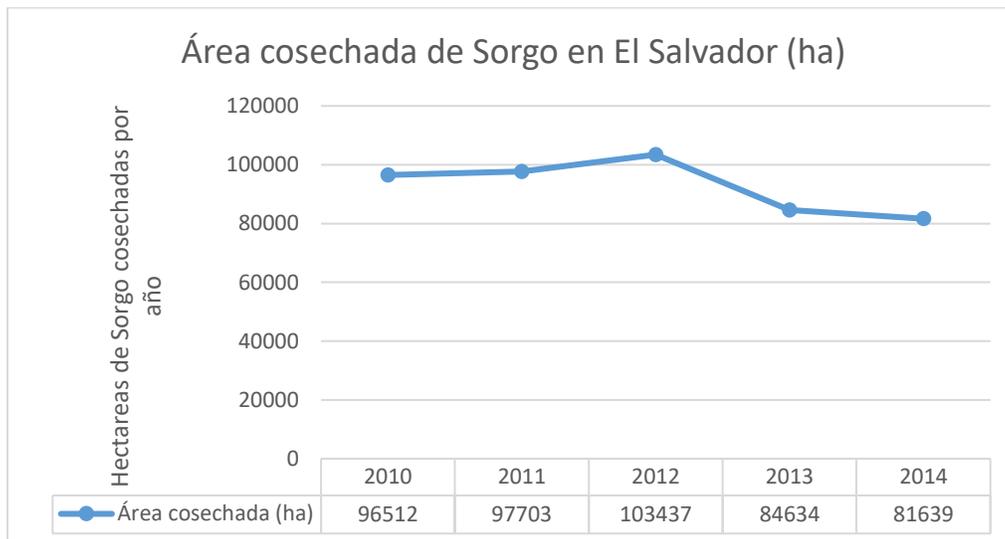


Figura 1-5. Área de sorgo cosechada en El Salvador en Ha, del 2010 al 2014. Ref. (FAO, 2017)

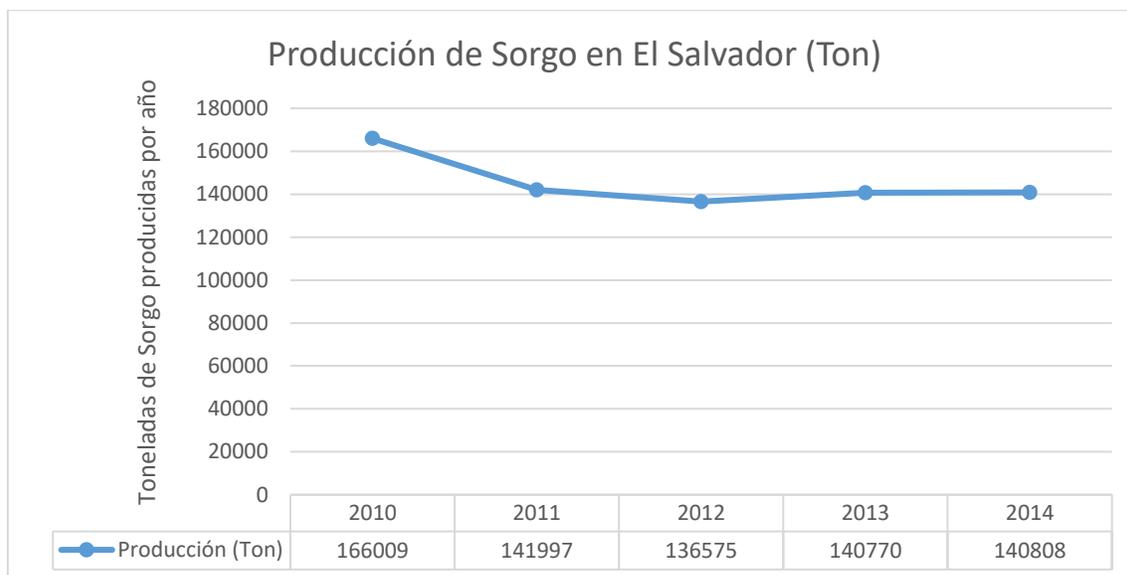


Figura 1-6. Producción anual de sorgo en El Salvador en ton, del 2010 al 2014. Ref. (FAO, 2014)

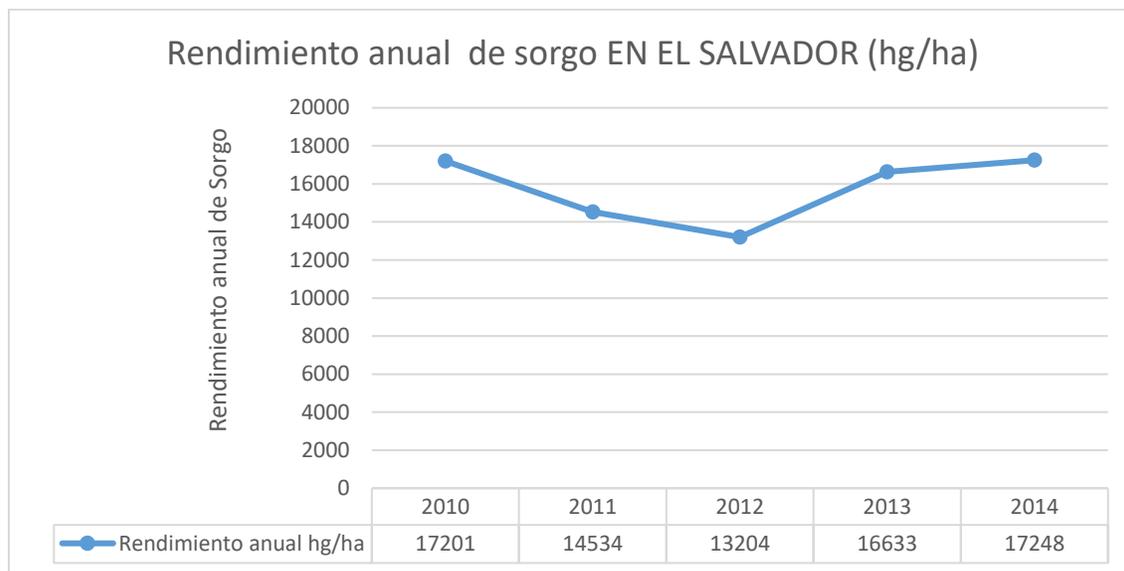


Figura 1-7 Rendimiento anual de sorgo en El Salvador en hg/ha, del 2010 al 2014. Ref. (FAO,2017)

1.6. Antecedentes del uso de biopelículas elaboradas a base de almidón.

Los recubrimientos comestibles a partir de almidones, disminuyen la tasa de respiración, retrasan la pérdida de peso por deshidratación, prolongan la pérdida de firmeza y pigmentación causada por microorganismos, además inhiben el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración, promueven la conservación de propiedades mecánicas y conservan características sensoriales, retrasando la maduración e incrementando la vida útil de la fruta. (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013)

A continuación, se listan algunas investigaciones acerca del uso del almidón, de diversas fuentes, para la formulación de biopelículas.

a) Efecto del recubrimiento comestible a partir de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L), aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba (*Copernicia cerífera*) sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*).

Dicha investigación pretendía prolongar la vida útil de la guayaba a temperatura ambiente. La aplicación del recubrimiento se realizó por inmersión de los frutos en los respectivos tratamientos durante 30 segundos y secado durante 5 minutos a 35 °C. Las guayabas fueron almacenadas en condiciones de la ciudad de Popayán, Departamento de Cauca, Colombia (1737 msnm, 19 °C y HR de 77,75%), sobre bandejas de acero inoxidable. Se desarrollaron 4 tratamientos: la muestra testigo sin almidón y los recubrimientos con 2, 3 y 4% de almidón respectivamente. Se evaluó la pérdida de peso, la tasa de respiración, la firmeza, el contenido de vitamina C y ácido predominante, encontrando que el tratamiento 4 (recubrimiento con 4% de almidón) fue el más eficiente al incrementar en 10 días la vida útil respecto al tratamiento sin recubrimiento (Achipiz, Castillo, Mosquera, Hoyos, y Navia, 2013).

b) Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (*Tommy Atkins*).

Se evaluó el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidones modificados de yuca en la conservación del mango (*Mangífera indica*) variedad Tommy atkins. Para tal fin se formularon películas de almidón nativo y oxidado de yuca (15%), con glicerol como plastificante (10%) y un compuesto lipídico (3%). Durante la experiencia se determinó la tasa de respiración, pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales (SST) y pH del mango, durante 16 días de almacenamiento a temperatura de 20± 2°C. El uso de recubrimientos logró disminuir significativamente el índice de respiración y transpiración de los frutos (Figuroa, Salcedo, y Narváez, 2013).

c) Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate.

Se usaron tomates *larga vida* provenientes del municipio de El Tambo (Cauca, Colombia), seleccionados y cubiertos con solución de almidón de yuca, ácido cítrico, glicerina, extracto de ajo, aceite esencial de canela y sal, por inmersión, durante 22 días cada 2 días y a la misma hora. Se usó un diseño completamente al azar y asignando los tratamientos al azar, para las variables de respuesta pérdida de peso, tasa de respiración, firmeza y grados brix a 18°C y 77% de humedad relativa. El tratamiento T4 (recubrimiento con un 4% de almidón) fue el más adecuado, presentando retraso en la maduración y manteniendo las condiciones de calidad del tomate por un periodo de 4 días y con un 4.64% de pérdida de peso y firmeza entre 2.54 y 8.91 Newton hasta el día 22 (Barco Hernández, Burbano Delgado, Mosquera Sánchez, Villada Castillo, y Navia Porras, 2011).

d) Recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' (Musa ABB), y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' en postcosecha.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo'. Los recubrimientos de almidón y pectina al 1 % se aplicaron por inmersión a frutos de mango en madurez fisiológica, los cuales se almacenaron durante 12 días a 10 ± 2 °C y 9 días a 22 ± 2 °C. Las variables evaluadas fueron pérdida de peso (%), color, firmeza ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable (%). Los frutos de mango 'Ataulfo' recubiertos con almidón de plátano 'Pera' (Musa ABB) presentaron firmeza mayor ($3.34 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$) y contenido alto de sólidos solubles totales (16.96 °Brix), en comparación con los frutos control ($2.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ y 15.8 °Brix, respectivamente). Este mismo recubrimiento alargó el periodo postcosecha a 21 días (Bello Lara, y otros, 2016).

e) Actividad antimicrobiana de recubrimientos comestibles sobre zanahorias (*Daucus carota L.*) mínimamente procesadas.

Se desarrollaron recubrimientos a base de almidón de ñame (*Dioscorea sp.*) y quitosano, preparados por termo-gelatinización usando suspensiones de 4% de almidón de ñame (p/p) y 2% de glicerol (p/p). El quitosano fue agregado en concentraciones de 0.5% y 1.5% (p/p). Como resultado general, el uso de recubrimientos antimicrobianos basados en quitosano (1.5% p/p) y almidón de ñame muestra que es una alternativa viable en el control de microbiota presente en zanahorias mínimamente procesadas, ya que se logró inhibir sustancialmente el crecimiento de bacterias ácido lácticas, coliformes totales, microorganismos psicrótrofos, aerobios mesófilos, mohos y levaduras (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2010).

1.7. Propiedades de biopelículas elaboradas a base de almidón

Tanto las biopelículas como los recubrimientos comestibles tienen una serie de propiedades mecánicas, ópticas y de barrera, que dependen de la naturaleza química y física de los biopolímeros empleados en su elaboración (Chiralt, Fabra, y Talens, 2010). Estas propiedades, son las que determinaran el comportamiento del recubrimiento comestible al ser aplicado sobre productos alimenticios, es decir, si este logra: mantener las propiedades organolépticas y nutricionales originales del alimento, retardar el proceso de maduración, controlar la tasa de intercambio de gases, ser buena barrera ante el oxígeno, el dióxido de carbono, el vapor de agua, las grasas y el aroma; evitando de esta manera su deterioro y por lo tanto incrementando su vida en anaquel.

1.7.1. Propiedades mecánicas de biopelículas elaboradas a base de almidón.

Las propiedades mecánicas de las biopelículas comestibles reflejan la durabilidad de estas mismas, así como la capacidad de recubrimiento para mejorar la integridad mecánica de los alimentos (Chiralt et al., 2010).

Las películas elaboradas a base de polisacáridos son relativamente rígidas, por lo tanto, se necesita adicionar a su formulación, plastificantes para facilitar su manipulación y conseguir las propiedades mecánicas deseables. Éstas son generalmente a base de agua, los plastificantes más eficaces son similares a la estructura del polisacárido; por lo tanto, los plastificantes hidrófilos que contienen grupos hidroxilo son los más adecuados para este uso. Los plastificantes utilizados comúnmente para películas basadas en polisacáridos son: glicerol, sorbitol, xilitol, manitol, propilenglicol, polietilenglicol y etilenglicol (Chiralt et al., 2010).

1.7.2. Propiedades de barrera de biopelículas elaboradas a base de almidón

1.7.2.1. Barrera al oxígeno

Los recubrimientos comestibles elaborados a base de almidón generalmente son comparados, en cuanto a la propiedad de barrera al oxígeno, con otras alternativas de recubrimiento; ya que, al ser una buena barrera entre el oxígeno atmosférico y el alimento, se logra extender la vida de anaquel del mismo (Kramer, 2009).

A niveles de humedad relativa bajos o intermedios, las biopelículas y recubrimientos a base de polisacáridos son buenas barreras contra el oxígeno, debido a su alta estructura en red con enlaces de hidrógeno ordenados (Skurtys, 2010).

1.7.2.2. Barrera a la humedad

Los recubrimientos comestibles elaborados a base de sustancias hidrosolubles no son en primera instancia los más recomendados, para evitar la migración de la humedad en un alimento, yendo de una de una concentración alta de humedad a una baja. Sin embargo, se ha demostrado que los recubrimientos comestibles a base de almidón retardan la migración del agua (Kramer, 2009). De las diferentes biopelículas elaboradas a base de polisacáridos, las que presentan mejores propiedades de barrera hacia el agua, son las elaboradas a base de almidón, para mejorar éstas, se recomienda el formular biopelículas comestibles compuestas,

añadiendo grasas y ceras a su composición (Chiralt et al., 2010). A continuación, se presentan los valores de permeabilidad al vapor del agua, de algunas biopelículas elaboradas a base de almidón más algunos aditivos.

Tabla 1-2. Valores de permeabilidad al vapor del agua de biopelículas elaboradas a base de almidón.

Almidón + aditivos	Condiciones del experimento	PVA $\left(\frac{g*mm}{m^2*d*kPa}\right)$
Almidón de yuca + 15% glicerol	25°C/22-99%	9.7 ± 0.9
Almidón de maíz	20°C/33-98%	3.17 ± 2.24
Almidón de maíz, alto porcentaje de amilosa	20°C/22-99%	2.26 ± 1.39

Ref.: (Chiralt et al., 2010)

1.8. Selección de frutas con posibilidad de ser recubiertas con recubrimiento comestible a base de almidón.

1.8.1. Importaciones de frutas en El Salvador.

El clima del territorio salvadoreño es propicio para el desarrollo de frutas tropicales. El desarrollo de campos de cultivos para estas frutas es limitado, no se busca producir para sustentar el mercado de consumo nacional sino el consumo cotidiano familiar y en algunos casos regional. El mercado de frutas salvadoreño es sustentado por el ingreso de frutas desde otros países de la región centroamericana y en algunos casos especiales las frutas se importan de países norteamericanos. Las importaciones se dirigen a los mercados municipales, cadenas de supermercados y tiendas especializadas en la distribución de frutas. Con el propósito de tener un panorama más claro de las cantidades de frutas frescas importadas a El Salvador, se consultó a la oficina de acceso a la información pública de las aduanas de El Salvador. La información recabada refleja la cantidad de fruta

que ingresa anualmente a El Salvador durante el periodo del año 2012 al año 2017. En la tabla 1-3 y tabla 1-4 se presentan las cantidades de frutas importadas y el correspondiente valor monetario de las importaciones.

Tabla 1-3. *Cantidades de frutas importadas a El Salvador durante el periodo 2012-2017 expresadas en Toneladas métricas (Tm).*

Fruta (Tm)	Año				
	2012	2013	2014	2015	2016
Arándanos	12	16	22	20	23
Cerezas	9	3	13	12	8
Moras	347	235	143	38	26
Fresas	5722	5792	5534	5840	6298
Guayabas	22	51	21	2	1
Manzanas	1059	1161	1165	1299	1233
Melocotones	480	675	581	663	423
Peras	188	204	187	184	205
Uvas	331	354	347	375	349

Ref.: (Aduanas de El Salvador, 2017).

Tabla 1-4. *Ingreso económico anual por la importación de frutas en El Salvador en dólares.*

Fruta	Año				
	2012	2013	2014	2015	2016
Arándanos	\$32,408	\$46,313	\$59,194	\$75,698	\$76,704
Cerezas	\$40,977	\$14,398	\$59,567	\$49,857	\$37,985
Moras	\$12,507	\$18,692	\$7,742	\$1,267	\$950
Fresas	\$1,202,621	\$1,348,529	\$1,340,028	\$1,293,559	\$1,056,350
Guayabas	\$22,208	\$43,800	\$8,546	\$1,040	\$288
Manzanas	\$14,197,713	\$12,162,018	\$14,692,814	\$16,135,891	\$16,088,204
Melocotones	\$1,199,062	\$1,233,886	\$1,244,618	\$1,028,417	\$863,947
Peras	\$2,073,767	\$1,979,661	\$2,169,199	\$2,475,507	\$2,588,634
Uvas	\$11,149,314	\$10,235,657	\$10,967,234	\$12,495,750	\$11,342,499

Ref.: (Aduanas de El Salvador, 2017).

1.8.2. Criterio para la selección de las frutas.

El criterio principal considerado para la selección de las frutas que se utilizaran en la fase de experimentación de esta investigación es, el periodo de vida de anaquel de las frutas.

El periodo de vida de anaquel expresa el lapso de tiempo durante el cual la fruta posee características sensoriales aceptables. La aplicación de los recubrimientos en frutas con periodos de vida de anaquel largos extendería el tiempo necesario para completar el proceso de experimentación y aumentaría los gastos en los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación. Por otra parte, la aplicación de los recubrimientos en frutas con periodos de vida de anaquel cortos, debido a su condición de rápido deterioro, dificultarían la realización del número necesario de análisis requeridos para determinar los efectos que los recubrimientos tienen en las propiedades que se analizaran en las frutas.

Para poder determinar de manera confiable los efectos del uso de los recubrimientos durante un periodo de tiempo accesible, se seleccionaron como frutas de estudio las fresas y las moras. De acuerdo a la compilación de propiedades y condiciones para el almacenamiento de frutas y vegetales frescos de la universidad UC Davis, las moras tienen un periodo de vida de anaquel que va de entre 3 a 6 días y las fresas tienen un periodo de vida de anaquel de entre 7 a 10 días (Cantwell, 2001). Los ingresos económicos promedios generados solamente por las importaciones de fresas y moras en El Salvador en los últimos cinco años (2012-2016) son de \$1,248,217.40 y \$8,231.60 respectivamente (Aduanas de El Salvador).

1.8.3. Fresa

El nombre de la fresa deriva de la fragancia que posee (fraga en latín). Son cultivadas por su fruto comestible llamado; fresa, frutilla o fresón. Las variedades cultivadas comercialmente son por lo general híbridos, en especial *Fragaria x*

ananassa, que ha remplazado casi universalmente a la especie silvestre *Fragaria virginiana* por el tamaño superior de sus frutos. En la Tabla 1-5 se muestra la taxonomía de la fresa.

Tabla 1-5. Taxonomía de las fresas.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta.
Clase	Magnoliopsida
Familia	Rosaceae
Genero	Fragaria
Especie	F. ananassa

Ref.: (Calderón Gómez, 2015)

1.8.3.1. Morfología de la fresa.

La fresa silvestre (*Fragaria virginiana*) y la fresa cultivada (*Fragaria X ananassa*) son plantas de la familia Rosaceae (Hytonen, 2014). La planta de la fresa está formada por flores blancas que se organizan en racimos y tiene cáliz de cinco piezas hendidas, cinco pétalos redondeados, numerosos estambres y pistilos. El fruto comestible, denominado botánicamente “eterio”, es un fruto falso producto del engrosamiento del receptáculo en el que están insertos los aquenios, semillas pequeñas que son frutos verdaderos. El color de los aquenios puede ser amarillo, rojo, verde o marrón. Después de la fecundación, los óvulos al convertirse en aquenios estimulan el engrosamiento del receptáculo que, una vez transformado en carnosos, constituye el fruto (González Araiza, 2014). Diferentes tejidos de la baya se ilustran en la Fig. 1-8.

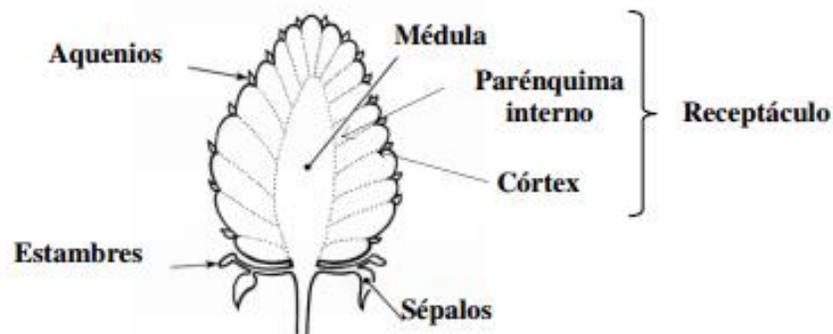


Figura 1-8. Estructura típica del fruto de fresa Ref.: (Cumplido Laso, 2012)

1.8.3.2. Fisiología de la fresa

La fresa es un fruto no climatérico ya que no es capaz de continuar su proceso de maduración una vez removido de la planta, mostrando una tasa respiratoria progresivamente lenta durante la senescencia. Por esta razón la fresa debe ser cosechada en un estado de madurez óptimo para conseguir la máxima calidad en relación al sabor y color (González Araiza, 2014).

Los principales cambios en la composición de la fresa son usualmente asociados con la maduración y estos toman lugar cuando el fruto está aún adherido a la planta madre. Estos cambios son altamente dependientes a la exposición a luz, temperatura, composición de la tierra y otras condiciones durante el manejo del cultivo. Su tasa de respiración es de moderada a alta (cerca de 15 mg CO₂/kg_{fresa}/h a 0 °C) e incrementa de cuatro a cinco veces a temperaturas de 10 °C y su producción de etileno es baja siendo menor a 0,1 µl/kg/h a 20 °C (González Araiza, 2014).

La fresa es considerada una planta perenne y leñosa de vida corta, se adapta a muchos climas prefiriendo aquellos en que predomina el frío (temperaturas entre 18 °C y 25 °C y nocturnas entre 8 °C y 13 °C), pero no soporta las heladas que producen un deterioro notable en su sistema reproductor; además se adapta muy bien a alturas entre 1,800 a 2,300 msnm (Calderón Gómez, 2015).

1.8.3.3. Variedades de fresas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica, 2012)

Variedad Tioga: Su adaptación es excelente y es la de mayor distribución mundial. La producción anual depende mucho del manejo y época de siembra. Es una variedad un poco tardía ya que alcanza la máxima producción a los siete meses. El tamaño del fruto es grande. Los primeros frutos tienen un peso de 12-14 gramos. La fruta es muy sólida y resiste bien el transporte.

Variedad Douglas: Su adaptación a diversos climas y suelos es muy buena. Con buen manejo y época de siembra adecuada, la producción puede aumentar considerablemente. En cuanto a precocidad es más temprana que Tioga; su producción máxima se adelanta quince días en relación a la Tioga. El tamaño del fruto es muy grande. Los primeros frutos son de 20 gramos o más. El peso promedio está entre 14 y 16 gramos. El fruto, a pesar de su tamaño resiste muy bien el manejo y transporte.

Variedad Chandler: Su adaptación es muy buena. Es una selección de Douglas. Su precocidad es similar a Tioga pero un poco más tardía que Douglas. El tamaño del fruto es muy grande. Los primeros frutos son de 20 gramos ó más. El peso promedio está entre 14 y 16 gramos. El fruto es muy resistente, incluso más que Tioga y Douglas.

Variedad Selva: Su adaptación es muy buena. Es muy precoz. El tamaño del fruto es grande. Este fruto es más resistente que Chandler.

1.8.4. Mora Negra

Las moras negras son nativas de Asia, Europa y tierras altas del continente americano. Sin embargo, las cultivadas en regiones específicas se derivan en gran parte de especies autóctonas de esa región (Rieger, 2012).



Figura 1-9. Mora negra madura

1.8.4.1. Generalidades

La mora negra también es denominada como mora de castilla, es una fruta no climatérica, compuesta, formada por la agregación de los carpelos, como pequeñas drupas insertadas ordenadamente sobre un corazón blando y blanco, de forma cónica que al madurar adquiere un color rojo que se torna morado al sobremadurar. Esta fruta se desarrolla a una altitud entre 1000 a 3600 msnm y a una temperatura de 12°C a 18°C (Máquez y Ciro, 2002).

Tabla 1-6. Taxonomía de la mora negra.

Familia	Rosaceae
Género	<i>Rubus</i>
Especies	<i>Glaucus, bogotensis</i>
Nombre científico	<i>Rubus</i> spp.
Nombre común	Mora, moras, mora negra, mora de castilla, morera, moreras, moral.
Variedades	<i>Rubus glaucus, Rubus bogotensis</i>

Ref.: (Secretaría de Agricultura y desarrollo cultural, 2014)

Al ser un fruto no climatérico, deberá de ser cosechado cuando esté casi listo para el consumo ya que si se recoge verde ya no madurara, sólo se pondrá blando. Su maduración será muy lenta y apenas se observarán cambios bruscos en su aspecto. La cosecha de los frutos de mora en el estado óptimo de maduración garantiza un producto de excelentes condiciones y buena vida útil; si se cosechan frutos

fisiológicamente inmaduros estos no desarrollaran su color y sabor siendo un producto de calidad inferior. (Secretaria de Agricultura y desarrollo cultural, 2014).

La vida de anaquel de este tipo de fruto es relativamente baja de 2 a 3 días a temperatura de 0°C, por lo tanto, muchas estrategias como el empaçado, se llevan a cabo para mantener la calidad de la mora negra luego de la cosecha (Joo, Lewandowski, R, Harte, y Almenar, 2011).

1.8.4.2. Cultivo regional de moras negras (Casaca, 2005)

El éxito de la industria de mora en Centroamérica dependerá de la selección de las variedades adecuadas, con aceptación en el mercado internacional y su buena adaptación a la región.

Se considera que existen más de 300 especies de relativa importancia según su aceptación comercial en los diversos países y un gran número de variedades, muchas de ellas se encuentran en las zonas altas de Sudamérica principalmente en Ecuador, Colombia, Panamá, Centroamérica y México.

1.8.4.3. Variedades de mora recomendadas en Centroamérica

Brazos: originaria de Texas y liberada en 1959. La planta es erecta, muy vigorosa y produce altos rendimientos durante un largo período. La fruta es grande, firme y muestra buena calidad.

Rosborough: originaria de Texas y liberada en 1977. Las cañas crecen moderadamente erectas. Adaptada a un gran rango de condiciones climáticas y de suelo, opción excelente para áreas secas y calientes, fruta grande, firme, dulce, semillas más pequeñas que las de Brazos.

Brison: originaria de Texas y liberada en 1977. Las cañas tienen un crecimiento moderado y erecto, fruta firme, dulce y semillas pequeñas.

Womack: originaria de Texas y liberada en 1977. Las cañas tienen un crecimiento moderado, fruta firme, dulce y semillas pequeñas.

Los géneros *Rubus* y *Rosa*, pertenecientes a las Rosáceas, son muy semejantes; de allí que la planta de la mora se asemeje bastante a las plantas de rosas silvestres o guadoras, con espinas y hojas compuestas de tres a cinco hojuelas. La diferencia entre estos géneros está en el fruto, ya que las moras tienen la apariencia de una fresa oblonga o de dedal y su color es negro, rojo y púrpura cuando está madura.

1.9. Contaminación microbiológica.

Las características de las frutas seleccionadas, la naturaleza orgánica del recubrimiento aplicado y las condiciones de almacenamiento, son factores que pueden permitir el crecimiento de microorganismos en las frutas recubiertas. Dichos microorganismos pueden provocar deterioro en la calidad de los productos o presentar un riesgo a la salud del consumidor. La presencia de microorganismos y los tipos de microorganismos presentes dependerán en primera instancia de la carga microbiana natural tanto de las frutas, como del almidón usado en la elaboración del recubrimiento, así como de las buenas prácticas empleadas durante las etapas de extracción del almidón y de manipulación de las frutas.

1.9.1. Microbiota de fresas y moras.

La alteración de las frutas y hortalizas se denomina enfermedades post-cosecha. En el caso de las frutas debido a su pH menor a 4.5 el crecimiento de mohos y levaduras es más probable que el crecimiento bacteriano. Las infecciones fúngicas en las frutas pueden ocurrir antes o después de la recolección. Las infecciones fúngicas post-cosecha se clasifican como epicuticular y subcuticular. (L. Carrillo y M. Carina Audisio, 2007)

Las infecciones epicuticulares son externas al fruto es decir el microorganismos no ha penetrado la piel del fruto y por lo tanto se puede eliminar con tratamientos durante el empaque. En el caso de las infecciones subcuticulares el hongo responsable de la infección ya ha ingresado al interior de la fruta antes de ser

cosechada, generalmente este tipo de infecciones se relacionan con patógenos difíciles de eliminar durante el empaque. (L. Carrillo y M. Carina Audisio, 2007)

Entre las principales alteraciones causadas por mohos en bayas enteras frescas están; la podredumbre gris y podredumbre acuosa asociadas con el *B. cinerea*, *R stonolifer*, *Phytophthora*. Las fresas y otras bayas han sido asociadas con virus como el de la Hepatitis A (Viñas, 2015)

1.9.2. Microbiota del almidón.

Durante el proceso de extracción de almidón este se puede ver expuesto a distintas condiciones no controladas o estandarizadas que pueden influir en la variabilidad de la carga microbiana encontrada en las distintas etapas de producción del mismo. De acuerdo a (Chiquiza-Montaña, Laura N, Montoya, Olga I, Restrepo, Claudia, y Orozco-Sánchez, Fernando., 2016) los microorganismos aislados en las distintas etapas del proceso de producción artesanal de almidón de yuca son: *Saccharomyces cerevisiae* encontrada en las aguas de fermentación, *Leuconostoc mesenteroides spp* encontrado en las aguas de fermentación, *Candida famata* localizada en los tanques de fermentación, *Cryptococcus laurentii* encontrado en los tanques de fermentación, *Bacillus cereus* encontrado en la salida del colador, aguas de fermentación y tanque de fermentación.

2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Como primera etapa de la investigación se realizó, la recolección de información sobre: tecnología poscosecha, recubrimientos comestibles y su aplicación, materias primas a emplear y la teoría necesaria para consolidar la fase de experimentación; dicha etapa se resume en el CAPITULO I. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

Posteriormente, se llevará a cabo la fase experimental, la cual se dividirá en las etapas de: extracción y caracterización de almidón de Sorgo y Yuca, formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible con mejor comportamiento y finalmente la aplicación de la formulación seleccionada para la realización del estudio de vida de anaquel y el análisis sensorial de aceptabilidad. En la tabla 2-1. se muestra las actividades a ejecutar para culminar cada etapa de la fase experimental.

Tabla 2-1 Fases y actividades asociadas al desarrollo de la fase experimental.

Fase	Actividades	
1. Extracción y caracterización de almidón de Sorgo y Yuca.	1.1. Realizar la extracción de almidón de Yuca. 1.2. Realizar la extracción de almidón de Sorgo. a) Llevar a cabo la prueba cualitativa de detección de taninos en Sorgo. 1.3. Calcular el rendimiento de la extracción del almidón de Sorgo y Yuca. 1.4. Determinar la pureza del almidón de Yuca y Sorgo extraídos. 1.5. Establecer la forma, radio, perímetro y área de los gránulos de almidón de Sorgo y Yuca.	
2. Formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible	2.1. Prueba piloto para formulación de recubrimiento	a) Desarrollar 9 formulaciones piloto, utilizando ambos almidones, plastificante y antifúngico. b) Evaluar las formulaciones pilotos por medio parámetros físicos y organolépticos. c) Seleccionar las formulaciones con mejor comportamiento para realizar el diseño de experimentos.

Continúa...

Tabla 2-1 Fases y actividades asociadas al desarrollo de la fase experimental.

Fase	Actividades	
	2.2. Diseño de experimentos	a) Establecer las variables respuesta a evaluar. b) Seleccionar los factores incidentes en las variables respuesta. c) Según resultados de la prueba piloto, identificar las concentraciones a emplear para cada uno de los factores. d) Utilizar un software estadístico para realizar un diseño factorial. e) Poner a prueba las formulaciones obtenidas según el diseño de experimentos (aplicadas en frutas frescas y como biopelículas). f) Aplicar una prueba estadística g) Seleccionar la formulación con mejor comportamiento.
3. Aplicación del recubrimiento comestible seleccionado	3.1 Análisis de vida de anaquel.	a) Realizar una prueba preliminar del estudio de vida de anaquel según bibliografía. b) Establecer el período de vida de anaquel bajo las condiciones experimentales de almacenamiento. c) Realizar análisis microbiológicos al inicio y al fin del período de vida de anaquel.
	3.2 Análisis sensorial de aceptabilidad.	a) Evaluar la aceptabilidad de la fruta recubierta. b) Identificar la preferencia entre una fruta recubierta y una no recubierta.

Con el fin de esquematizar los resultados esperados de la presente investigación, en relación a los objetivos específicos planteados y las estrategias, metodologías y herramientas a utilizar, se presentan la tabla 2-2, tabla 2-3, tabla 2-4, cada una correspondiente a las etapas de la fase experimental.

2.1. Extracción y caracterización de almidón de Sorgo y Yuca.

Tabla 2-2. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la extracción y caracterización de almidón de Sorgo y Yuca.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención	
1. Realizar la extracción de almidón de sorgo (<i>Sorghum bicolor(L.) Moench</i>) y Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	1.1. Obtención de almidón de Yuca y el rendimiento de la extracción.	Metodología de extracción mecánica (No enzimática) según IICA. Ver ANEXO A.1.	
	1.2. Porcentaje de granos de Sorgo con presencia de taninos.	Metodología del blanqueo según Escuela Agrícola Panamericana, Universidad Zamorano. Ver ANEXO A.2.	
	1.3. Obtención de almidón de Sorgo y el rendimiento de la extracción.	Metodología de extracción mecánica (No enzimática) según Iranna S., Udachan; A. K., Sahoo; G. M., Gend (2012). Ver ANEXO A.3.	
	1.4. Determinación de la Pureza del almidón de Sorgo y Yuca.	Método según Tapia y otros (2012) donde la pureza se determinará a partir de la diferencia entre 100 y el porcentaje de humedad, proteína cruda, extracto etéreo y contenido de cenizas. Ver ANEXO B.1	
	1.5. Obtención de la composición proximal del almidón de Sorgo y Yuca.	Humedad	Técnica gravimétrica, haciendo uso de estufa a 105° C, según los Métodos oficiales de la A.O.A.C. (1990). Ver ANEXO B.2.
Cenizas		Método de incineración en mufla a 600 ° C, según los Métodos oficiales de la A.O.A.C. (1990). Ver ANEXO B.3	
Proteína		Método de microkjeldahl, que consta de una digestión ácida, una destilación y una posterior titulación, según los Métodos oficiales de la A.O.A.C. (1990) Ver ANEXO B.4	

Continúa...

Tabla 2-2. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la extracción y caracterización de almidón de Sorgo y Yuca.

Objetivo específico	Resultado		Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
1. Realizar la extracción de almidón de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) y Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	1.5. Obtención de la composición proximal del almidón de Sorgo y Yuca.	Extracto etéreo	Método de Soxhelt según los Métodos oficiales de la A.O.A.C. (1990). Ver ANEXO B.5
	1.6. Determinación de la forma, radio, área, perímetro de los gránulos de almidón de Sorgo y Yuca.		Método aplicado por el Laboratorio de Parasitología, CENTA (2017)

2.2. Formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.

Tabla 2-3. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
1. Determinar el procedimiento para la obtención de una biopelícula comestible elaborada a partir de almidón de Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.) y Yuca (<i>Manihot esculenta</i>).	1.1. Determinación de la temperatura de gelificación de las formulaciones.	Metodología según Aristizabal (2007), donde con 10% p/v de almidón en agua se calienta hasta llegar a consistencia pastosa para tomar la temperatura. Ver ANEXO C.1
	1.2. Determinación de los parámetros de temperatura y tiempo de secado para la elaboración de biopelícula.	a) Determinar el plastificante y antimicrobiano a emplear en la formulación del recubrimiento y biopelícula comestible. b) Realizar una prueba piloto para obtener una biopelícula empleando: Metodología según Miramont (2012), variando parámetros de temperatura y tiempo, en base a las condiciones experimentales. Ver ANEXO C.2

Continúa...

Tabla 2-3. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
<p>2. Evaluar las diferentes proporciones de mezcla de almidón de Yuca (<i>Manihot esculenta</i>) y Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) para la elaboración de las biopelículas comestibles.</p>	<p>2.1. Obtención de la concentración (nivel bajo y alto) de almidón de Sorgo (factor a evaluar) a variar en el diseño de experimentos.</p>	<p>Realización de prueba piloto para formulación del recubrimiento comestible:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Empleo de diseño de sistema de mezclas (Snee, 1971), para obtener las 9 formulaciones piloto compuestas de almidón de Sorgo y Yuca, plastificante y antimicrobiano. b) Utilización del método de contenido de humedad según Vasquez Lara y Vidal López (2011). Ver ANEXO D.4, para evaluar la pérdida de peso en moras y fresas recubiertas y no recubiertas. c) Evaluación de la adherencia de las formulaciones de recubrimiento en fruta fresca y apariencia visual de la misma. d) Evaluación de elasticidad, facilidad de desmoldar, brillo, opacidad y apariencia de las formulaciones piloto en forma de biopelícula. e) Selección de las formulaciones con mejor comportamiento al ser aplicadas en frutas y al ser evaluadas como biopelículas.

Continúa...

Tabla 2-3. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
<p>2. Evaluar las diferentes proporciones de mezcla de almidón de Yuca (<i>Manihot esculenta</i>) y Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) para la elaboración de las biopelículas comestibles.</p>	<p>2.2. Obtención del número de formulaciones, y las concentraciones de almidón de Sorgo, almidón de Yuca y plastificante según el diseño de experimentos factorial $2^{2+\text{estrella}}$.</p>	<p>a) Establecer las variables respuesta que se medirán a lo largo del estudio. b) Identificar el número de factores y la cantidad de niveles que tendrán los mismos. c) Utilizar software estadístico aplicando el diseño factorial $2^{2+\text{estrella}}$ para obtener según las variables respuesta y factores establecidos, el número de formulaciones a evaluar y la composición de las mismas.</p>
<p>3. Evaluar las distintas formulaciones de recubrimiento comestible obtenidas a partir del procedimiento de elaboración determinado, aplicadas en frutas frescas.</p>	<p>3.1. Obtención y comparación de parámetros de pH, sólidos solubles totales, acidez titulable y pérdida de peso de cada formulación aplicada en fresas y moras a lo largo del tiempo.</p>	<p>Evaluación de parámetros a través de:</p> <p>a) Sólidos solubles totales: Método de índice de refracción según FAO, haciendo uso de refractómetro tipo ABBE. Ver ANEXO D.1 b) Acidez titulable: Método potenciométrico según la Norma Técnica Colombiana NTC 4623 “Productos de frutas y verduras. Determinación de acidez”. Ver ANEXO D.2 c) pH: Método potenciométrico utilizando electrodo de vidrio. Ver ANEXO D.3 d) Pérdida de peso: Método de contenido de humedad según Vasquez Lara y Vidal López (2011). Ver ANEXO D.4</p>

Continúa...

Tabla 2-3. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
3. Evaluar las distintas formulaciones de recubrimiento comestible obtenidas a partir del procedimiento de elaboración determinado, aplicadas en frutas frescas.	3.2. Obtención y comparación de las variables respuesta de pH, sólidos solubles totales, acidez titulable y pérdida de peso de cada formulación aplicada en moras y fresas a lo largo del tiempo.	Análisis de homogeneidad de las respuestas de cada una de las variables evaluadas, entre las formulaciones, según método de diferencia mínima significativa de Fisher.
	3.3. Identificar qué factores (porcentaje de almidón de Sorgo y porcentaje de glicerol) inciden de manera estadísticamente significativa en variables respuesta evaluados en moras y fresas recubiertas	Utilizar un software estadístico para identificar según una prueba estadística ANOVA y un diagrama de Pareto los factores que tienen efectos estadísticamente significativos sobre las variables respuesta y cuál es el orden de su significancia.
4. Caracterizar físicamente cada una de las biopelículas obtenidas.	4.1. Obtención y comparación de parámetros de permeabilidad al vapor de agua, transparencia del recubrimiento, solubilidad al agua y biodegradabilidad.	Evaluación de parámetros a través de: a) Permeabilidad al vapor de agua: Técnica desecante, según ASTM E 96/ E 96M-05, aplicada en Carballo Medrano y Martínez Bonilla (2010). Ver ANEXO E.1 b) Claridad de las pastas: Método de Transparencia en espectrofotómetro UV-visible a una longitud de 650 Nm según Craig S., Maningat, Seib, y Hosney, (1989). Ver ANEXO E.2 c) Solubilidad al agua: Método gravimétrico según Márquez Hernández, (2010). Ver ANEXO E.3 d) Biodegradabilidad: Método gravimétrico según Arrieta, Peltzer, Garrigos, y Migallon (2008). Ver ANEXO E.4

Continúa...

Tabla 2-3. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la formulación y selección del recubrimiento/biopelícula comestible.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
4. Caracterizar físicamente cada una de las biopelículas obtenidas.	4.1. Obtención y comparación de parámetros de permeabilidad al vapor de agua, transparencia del recubrimiento, solubilidad al agua y biodegradabilidad.	Análisis de homogeneidad de las respuestas de cada una de las variables evaluadas, entre las formulaciones, según método de diferencia mínima significativa de Fisher.
	4.2. Identificar qué factores (porcentaje de almidón de Sorgo y porcentaje de glicerol) inciden de manera estadísticamente significativa en los parámetros evaluados en las biopelículas.	Utilizar un software estadístico para identificar según una prueba estadística ANOVA y un diagrama de Pareto los factores que tienen efectos estadísticamente significativos sobre las variables respuesta y cuál es el orden de su significancia.
	4.3. Obtener la formulación con mejor comportamiento, la cual se aplicará en moras y fresas para evaluar su aceptabilidad sensorial y para realizar el estudio de vida de anaquel.	Establecer un método de evaluación para seleccionar la formulación con mejor comportamiento al ser aplicada en moras y fresas y al ser evaluada en forma de biopelícula.

2.3. Aplicación del recubrimiento comestible seleccionado.

Tabla 2-4. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la aplicación del recubrimiento comestible seleccionado.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
1. Determinar el periodo de vida de anaquel de las frutas recubiertas.	1.1. Obtención del período de vida de anaquel para moras y fresas no recubiertas y recubiertas, bajo las condiciones de experimentación.	Realizar una prueba preliminar, estableciendo el periodo de tiempo de evaluación según bibliografía. Según datos recolectados en la prueba preliminar, realizar una segunda prueba para establecer finalmente el período de vida de anaquel de moras y fresas recubiertas. Realizar análisis microbiológicos de moras y fresas no recubiertas y recubiertas en los días final e inicial del periodo de vida de anaquel.
	1.2. Obtención y comparación de los parámetros de pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y pérdida de peso para moras y fresas recubiertas y no recubiertas a lo largo del periodo de vida de anaquel.	Evaluación de parámetros a través de: a) Sólidos solubles totales: Método de índice de refracción según FAO, haciendo uso de refractómetro tipo ABBE. Ver ANEXO D.1 b) Acidez titulable: Método potenciométrico según la Norma Técnica Colombiana NTC 4623 “Productos de frutas y verduras. Determinación de acidez”. Ver ANEXO D.2 c) pH: Método potenciométrico utilizando electrodo de vidrio. Ver ANEXO D.3 d) Pérdida de peso: Método de contenido de humedad según Vasquez Lara y Vidal López (2011). Ver ANEXO D.4 Aplicar prueba “t” de comparación de medias con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre los datos obtenidos los frutos recubiertos y los no recubiertos.

Continúa...

Tabla 2-4. Síntesis de resultados, estrategias, metodologías y herramientas de obtención de los mismos para la aplicación del recubrimiento comestible seleccionado.

Objetivo específico	Resultado	Estrategia/Herramienta/Metodología de obtención
<p>2. Evaluar la aceptabilidad de la formulación seleccionada, al ser aplicada en frutas frescas, demandadas por la industria de alimentos en El Salvador, a partir de un análisis sensorial.</p>	<p>2.1. Identificar y comparar la preferencia entre las moras y fresas recubiertas y no recubiertas.</p>	<p>Realizar un análisis sensorial, haciendo uso de Prueba de preferencia pareada según Liria Domínguez (2007). Ver ANEXO F.1</p> <p>Aplicar una prueba binomial de dos extremos para identificar diferencias estadísticamente significativas entre la preferencia de fresas y moras recubiertas y no recubiertas.</p>
	<p>2.2. Conocer y comparar la aceptabilidad de las características de sabor, olor, textura y apariencia de las moras y fresas recubiertas y no recubiertas.</p>	<p>Realizar un análisis sensorial, haciendo uso de una prueba hedónica de 5 puntos según Watts, Ylimaki, y Jeffery (1992). Ver ANEXO F.2, para evaluar las características organolépticas.</p> <p>Aplicar un análisis de varianza simple para identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las características organolépticas de las fresas y moras recubiertas y las no recubiertas.</p>

3. CAPITULO III. EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES Y EVALUACIÓN DE FORMULACIONES DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE Y BIOPELÍCULA.

Descrita la metodología experimental se procede a la aplicación de la misma, como primera fase se desarrollan las metodologías para la obtención de ambos almidones y su respectiva caracterización; luego se describe la prueba piloto realizada para obtener los datos necesarios para armar el diseño experimental, posteriormente se presentan los resultados para la evaluación de las formulaciones de recubrimiento comestible tanto al ser aplicadas en fruta fresca como en forma de biopelícula, identificando si existen diferencias estadísticamente significativas en su comportamiento, para finalmente seleccionar la formulación que presente mejor rendimiento en cada uno de los parámetros evaluados.

3.1. Extracción y caracterización del almidón.

Como primera parte de la fase experimental se obtuvo la materia prima para la formulación de los recubrimientos comestibles, es decir, el almidón de Sorgo y el almidón de Yuca, los cuales fueron posteriormente caracterizados. Los resultados a obtener se sintetizan en la tabla 2-2.

3.1.1. Detección cualitativa de taninos en sorgo.

Para asegurar la obtención de almidón de sorgo con características sensoriales aceptables de olor, color y sabor, es necesario identificar, si el sorgo empleado para procesamiento presenta taninos condensados, los cuales podrían dotar de sabor astringente al producto final, según Andrade Rodríguez, Ramírez Pimentel, Covarrubias Prieto, Aguirre Mancilla, y Raya Pérez (2015). En la siguiente tabla se presenta el método de blanqueo, utilizado para identificar la presencia de taninos.

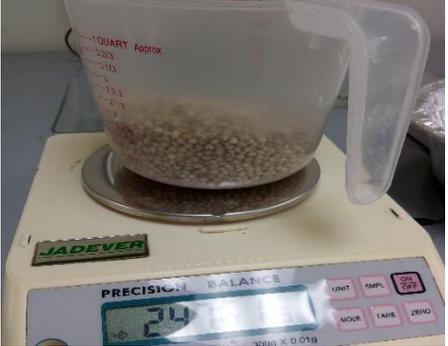
Tabla 3-1. Proceso para la detección cualitativa de taninos

Etapa	Descripción
<p>Pesaje de Sorgo y adición de reactivos.</p>	<p>Se pesó 15 gramos de grano de Sorgo (limpio y sin daños) y se adicionó una mezcla de 10 g de KOH y 40 mL de una solución de Hipoclorito de Sodio al 5%.</p> 
<p>Agitación</p>	<p>Por un tiempo de 20 minutos, se agitó cada 5 minutos.</p> 
<p>Eliminación del pericarpio.</p>	<p>Se lavaron los granos hasta eliminar completamente el pericarpio, el cloro y el KOH.</p> 
<p>Secado y evaluación de granos.</p>	<p>Se secaron los granos de Sorgo y se evaluó la coloración de estos mismos, la presencia de una coloración café oscura indica la existencia de taninos.</p> 

La variedad de sorgo empleada en la extracción de almidón, fue CENTA RCV, el cual es un sorgo blanco; como se observa en la Figura 3-1, luego del proceso de blanqueo ninguno de los granos presentó una coloración café oscura, por lo tanto la materia prima empleada estaba libre de taninos, es apta para realizar el proceso de extracción de almidón.

3.1.2. Extracción de almidón de sorgo

Tabla 3-2. Proceso de extracción y rendimiento de almidón de sorgo.

<p>1° etapa</p>	 <p>El sorgo se limpió, haciendo una inspección visual se eliminaron restos de ramas, piedras, granos dañados e incluso insectos.</p>	 <p>Los granos de sorgo picados o con coloración anormal también se eliminaron del proceso.</p>	 <p>Una vez limpios los granos, se procedió a pesarlos. Se registró un peso total de 10.3 libras de sorgo (4672.00 g).</p>
<p>2° etapa</p>	 <p>Se eliminaron restos de suciedad usando agua potable mientras los granos se agitaban vigorosamente. Los granos que flotaron fueron retirados.</p>	 <p>La cascara se retiró químicamente sumergiéndolos en una solución de NaOH durante 24 horas a 6 °C. Al finalizar el tiempo de remojo los granos de sorgo fueron enjuagados con agua. Se registró un peso de 10 libras (4535.92 g)</p>	 <p>Los granos fueron molidos; para separar el endospermo, agregando agua hasta alcanzar una consistencia pastosa.</p>

Continúa...

Tabla 3-2. Proceso de extracción y rendimiento de almidón de sorgo.

<p>2° etapa</p>	 <p>Se agregó agua en exceso a la pasta obtenida en el procesamiento. La mezcla se agita vigorosamente y se deja reposar para ser posteriormente filtrada.</p>	 <p>Se separó la materia más gruesa usando un cedazo, posteriormente las fibras más finas se separan usando una manta. Los sólidos gruesos y finos se recolectan para ser lavados nuevamente</p>	 <p>El filtrado obtenido se deja reposar por una hora, el agua en exceso se elimina y se recupera el almidón precipitado en el fondo.</p>
<p>3° etapa</p>	 <p>El almidón húmedo, el cual se comportaba como un líquido no newtoneano, fue esparcido en placas las cuales se introdujeron en un secador por flujo de aire caliente a 40-50°C durante una hora.</p>	 <p>Luego de secado se obtuvieron 213.96 gramos de almidón seco lo que significa un rendimiento del 4.31% con respecto a la cantidad de sorgo seco a la entrada del proceso.</p>	 <p>Finalmente se empaco el almidón de sorgo.</p>

3.1.3. Extracción de almidón de yuca.

Tabla 3-3. Proceso de extracción y rendimiento de almidón de yuca.

<p>1° etapa</p>	 <p>Se selecciono yuca carente de daños causados por insectos o alguna enfermedad, se lavó y se partió en trozos para retirar la cascara con mayor facilidad.</p>	 <p>Aquellos trozos en mal estado, raicillas, pedunculos y tierra se eliminaron del proceso</p>	 <p>Se registro un peso inicial de 4,924.22 g de yuca que posteriormente se lavo y se retiro la cascara obteniendo 4,120.06 g de yuca sin cascara y 751.72 g de cascara. Posteriormente la yuca se redujo de tamaño para la siguiente etapa.</p>
<p>2° etapa</p>	 <p>Los trozos de tubérculo se trituraron en una licuadora industrial, añadiendo agua potable</p>	 <p>Luego se colocó la pasta en un recipiente, añadiendo la cantidad de agua necesaria para igualar en masa a la cantidad de yuca mondada, mezclar bien</p>	 <p>Se filtró con manta para colar y el liquido blanco se coloco en un recipiente para el proceso de sedimentación.</p>

Continúa...

Tabla 3-3. Proceso de extracción y rendimiento de almidón de yuca.

<p>3° etapa</p>	 <p>Los solidos gruesos retenidos en la manta de colar se recuperaron para realizar dos lavadas más y el liquido blanco se dejo sedimentar 40 minutos aproximadamente.</p>	 <p>Pasado el tiempo de sedimentación, se decanta el líquido y el almidón se coloca en bandejas las cuales se introdujeron en una estufa a 40-50°C durante una hora.</p>	 <p>Luego de secado se obtuvieron 1,113.75 gramos de almidón seco lo que significa un rendimiento del 27.03% con respecto a la cantidad de yuca a la entrada del proceso.</p>
------------------------	---	--	--

A continuación se presenta una tabla resumen con los datos registrados en el proceso de extracción de almidón de sorgo y almidón de yuca:

Tabla 3-4. Resumen de datos de extracción de almidón de sorgo

Primera etapa	
Peso sorgo seco (g)	4672.00
Segunda etapa	
Agua para procesamiento (L)	9.9
Agua de lavado (L)	18.75
Tercera etapa	
Peso de almidón seco (g)	213.96
Rendimiento de extracción	4.31%

Tabla 3-5. Resumen de datos de extracción de almidón de yuca

Primera etapa	
Peso yuca inicial (g)	4,924.22
Segunda etapa	
Peso yuca sin cascara (g)	4,120.06
Agua para procesamiento (L)	9.9
Agua de lavado (L)	18
Tercera etapa	
Peso de almidón seco (g)	1,113.75
Rendimiento de extracción	27.03%

3.1.4. Caracterización del almidón

3.1.4.1. Composición proximal y pureza de los almidones obtenidos

Para el cálculo de la pureza de cada uno de los almidones obtenidos, es necesario tener la composición proximal de estos mismos, la cual, fue realizada Centro de tecnología agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), ésta se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 3-6. *Composición proximal del Almidón de Sorgo*

Componente	Porcentaje
Humedad	10.87%
Proteína	1.81%
Ceniza	1.48%
Extracto etéreo	0.69%

Ref.: (CENTA, 2017)

Tabla 3-7. *Composición proximal del Almidón de Yuca*

Componente	Porcentaje
Humedad	11.81%
Proteína	0.5%
Ceniza	0.20%
Extracto etéreo	0.16%

Ref.: (CENTA, 2017)

A partir de los valores de humedad, proteína, ceniza y extracto etéreo en % P/P, se calculó el grado de pureza de los almidones obtenidos, empleando la siguiente ecuación según Tapia, y otros (2012):

$$\%Pureza = 100 - (\%humedad + \%proteína + \%extracto\ etereo + \%cenizas)$$

Almidón de Sorgo

$$\%Pureza = 100 - (\%humedad + \%proteína + \%extracto\ etereo + \%cenizas)$$

$$\%Pureza = 100 - (10.87 + 1.81 + 0.69 + 1.48)$$

$$\%Pureza = 100 - 14.85$$

$$\underline{\%Pureza = 85.15}$$

Almidón de Yuca

$$\%Pureza = 100 - (\%humedad + \%proteína + \%extracto\ etereo + \%cenizas)$$

$$\%Pureza = 100 - (11.81 + 0.5 + 0.2 + 0.16)$$

$$\%Pureza = 100 - 12.67$$

$$\underline{\%Pureza = 87.33}$$

Según los cálculos realizados el almidón de Sorgo extraído, tiene un grado de pureza de 85.15%, en cambio, el grado de pureza el almidón de Yuca obtenido fue de 87.33%, siendo mayor que el grado pureza del almidón de Sorgo, lo cual, se le atribuye a la naturaleza y composición de la pulpa del tubérculo.

Además de los datos de composición proximal y pureza de los almidones, es de importancia el conocer al menos bibliográficamente el contenido en amilosa y amilopectina, ya que de ello dependerá el comportamiento del almidón en propiedades como: temperatura de gelificación y transparencia del recubrimiento a elaborar. En la siguiente tabla se recopila el porcentaje de amilosa y amilopectina, tanto para el almidón de Sorgo como para el almidón de Yuca.

Tabla 3-8. Porcentaje de amilosa y amilopectina.

Tipo de almidón	% de amilosa	% de amilopectina	Referencias
Almidón de Sorgo	24.0	76.0	(FAO, 1995)
Almidón de Yuca	17.0	83.0	(Hernández Medina, Torruco Uco, Guerrero, y Betancur Ancona, 2008)

3.1.4.2. Forma, radio, área, perímetro de los gránulos de almidón.

La forma, el radio, el área y el perímetro de los gránulos de almidón varían según la fuente botánica de extracción, estos parámetros se determinaron a través del uso de un software específico para harinas, utilizando un microscopio óptico con cámara adaptada, el análisis fue realizado por el Laboratorio de Parasitología del Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), a continuación se presentan, los resultados obtenidos.

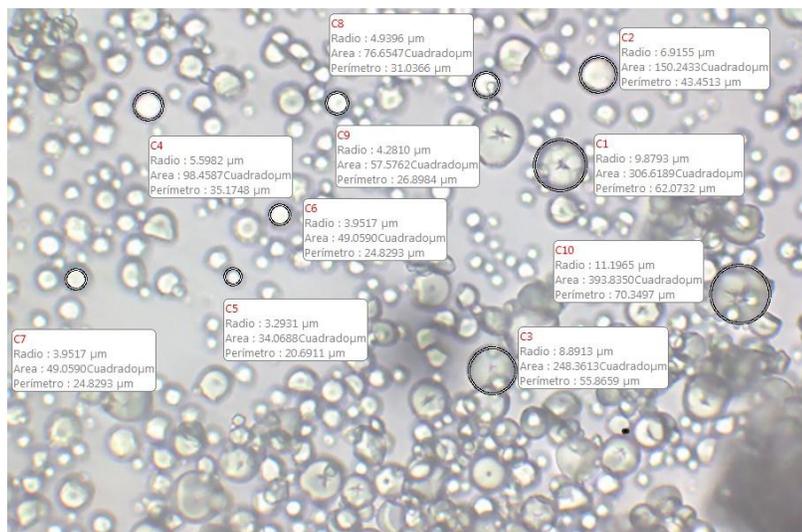


Figura 3-1. Gránulos de almidón de yuca 40X.

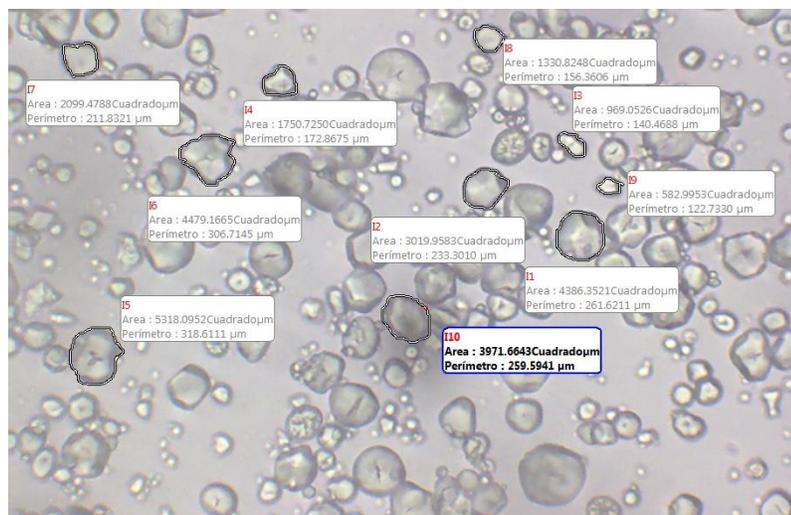


Figura 3-2. Gránulos de almidón de sorgo 40X.

En el caso del almidón de yuca se observan la predominancia de gránulos de forma esférica, por lo tanto se obtienen medidas del radio, área y perímetro de los mismos, en cambio para el almidón de sorgo se obtuvieron medidas de área y perímetro, debido a la forma irregular de los gránulos; se obtuvo 20 repeticiones para cada una de las medidas, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3-9. Medidas de los gránulos de almidón de Sorgo y almidón de Yuca

Gránulo de almidón de Sorgo		Gránulo de almidón de Yuca		
Área (μm^2)	Perímetro (μm)	Radio (μm)	Perímetro (μm)	Área (μm^2)
582.9953	122.733	3.2931	20.6911	34.0688
969.0526	140.4688	3.2931	20.6911	34.0688
1004.6259	136.4273	3.9517	24.8293	49.059
1021.1188	132.3723	3.9517	24.8293	49.059
1330.8248	156.3606	3.9517	24.8293	49.059
1750.725	172.8675	4.281	26.8984	57.5762
1787.1526	196.4959	4.281	26.8984	57.5762
2099.4788	211.8321	4.9396	31.0366	76.6547
2433.4941	222.5959	4.9396	31.0366	76.6547
2459.5171	208.2819	5.5982	35.1748	98.4587
2662.2352	233.2352	6.2569	39.3131	122.9883
2767.4934	225.8554	6.2569	39.3131	122.9883
3019.9583	233.301	6.2569	39.3131	122.9883
3147.4819	235.3185	6.5862	41.3822	136.2751
3971.6643	259.5941	6.9155	43.4513	150.2433
4386.3521	261.6211	7.2448	45.5204	164.8929
4414.1099	274.1822	8.8913	55.8659	248.3613
4479.1665	306.7145	8.8913	55.8659	248.3613
4715.1577	274.4358	9.8793	62.0732	306.6189
5318.0952	318.6111	11.1965	70.3497	393.835

Ref.: (CENTA, 2017)

Los datos anteriores se deciden presentar en forma de rango debido a la variabilidad presentada por los gránulos de ambos almidones.

Tabla 3-10. Caracterización de los gránulos del almidón obtenido.

Almidón	Forma del gránulo	Radio del gránulo (μm)	Área del gránulo (μm^2)	Perímetro del gránulo (μm)
Almidón de Yuca	Circular y poligonal	3.2931- 11.1965	34.0688 – 393.835	20.6911 – 70.3497
Almidón de Sorgo	Irregular y poligonal	N/A*	582.9953 – 5318.0952	122.733 – 318.6111

N/A*, el radio en el gránulo de almidón de Sorgo, no aplica debido a su forma.

3.2. Prueba piloto para formulación de biopelículas.

La prueba piloto para la formulación de biopelículas se realiza con el objetivo de determinar el proceso de obtención de biopelículas y además de la evaluación de las proporciones de almidón de Sorgo y Yuca a emplear, los resultados a obtener se representan en la tabla 2-3. Debido a que la formulación del recubrimiento consta de 2 componentes distintos (almidón de sorgo y almidón de yuca) se vuelve un sistema de mezcla, según Snee, (1971) para un modelo cúbico se recomiendan 4 diferentes arreglos los cuales son (1.0,0), (2/3, 1/3), (1/3, 2/3) y (0,1.0), dichas combinaciones tienen un fin exploratorio, y ya que nuestro estudio, busca optimizar la formulación de una biopelícula comestible, se decide agregar 5 puntos más (1/2,1/2), (4/5,1/5), (1/5, 4/5), (3/5,2/5), (2/5, 3/5), los cuales traducidos en porcentajes se representan en la siguiente tabla.

Tabla 3-11. Porcentaje en P/P de almidón de Sorgo y Yuca, empleados en la prueba piloto.

Punto	% Almidón de Sorgo	% Almidón de Yuca
1.0, 0.0	100%	0%
2/3, 1/3	66.66%	33.33%
1/3, 2/3	33.33%	66.66%
0.0, 1.0	0%	100%
1/2, 1/2	50%	50%
4/5, 1/5	80%	20%

Continúa....

Tabla 3-11. Porcentaje en P/P de almidón de Sorgo y Yuca, empleados en la prueba piloto.

Punto	% Almidón de Sorgo	% Almidón de Yuca
1/5, 4/5	20%	80%
3/5, 2/5	60%	40%
2/5, 3/5	40%	60%

Según Oropeza González, Montes Hernández y Padrón Pereira (2016) la proporción empleada de almidón, en la formulación de películas es de 5%, con una relación de (2:5) de plastificante, en este caso glicerol. Por lo tanto cada una de las formulaciones se elaboró a partir de 5% P/V de la suma de almidones, con un 2% de glicerol. Por otra parte, en una investigación realizada por Mendes Pereira y Costa Garcia (2010), acerca de la selección de un recubrimiento comestible a base de almidón para frutas minimamente procesadas, el rango óptimo de sorbato de potasio para inhibir el crecimiento fungico varia entre 0.05% y 0.10%, luego de realizar evaluaciones en la prueba piloto, se decidió agregar a la formulación 0.1% p/v de sorbato de potasio.

Cada uno de los nueve arreglos se puso a prueba como recubrimiento comestible en las frutas frescas seleccionadas, tomando las temperaturas de gelificación según el Anexo C1 y a la vez se obtuvieron como biopelículas según el Anexo C2, para finalmente seleccionar un rango de concentración de almidón de sorgo (almidón con mayor porcentaje de amilosa, que confiere mayor habilidad para formar biopelículas (Gaillard, 1987)).

Para realizar la selección del rango de concentraciones de almidón de sorgo se utilizaron como criterios el desempeño de las formulaciones en los parámetros de pérdida de peso, apariencia y adherencia como recubrimiento a la fruta, previamente lavada y desinfectada.

Además de su aplicación como recubrimiento, las formulaciones piloto se evaluaron como biopelículas, donde las variables de tiempo y temperatura de secado para el proceso de elaboración se estimaron realizando pruebas a distintas condiciones

hasta obtener biopelículas completamente secas, sin daños por la exposición al calor y fáciles de desmoldar.

3.2.1. Evaluación de las formulaciones como recubrimiento.

A partir de las 9 formulaciones generadas en la prueba piloto, se realizaron pruebas para determinar cuáles tenían mejor comportamiento en adherencia, apariencia y el efecto de los recubrimientos en la pérdida de peso de muestras de fresas y moras.

Tabla 3-12. *Formulaciones generadas en el diseño de la prueba piloto.*

Formulación	% Almidón de Sorgo	% Almidón de Yuca
FP1	0	100
FP2	33.33	66.66
FP3	100	0
FP4	66.66	33.3
FP5	50	50
FP6	80	20
FP7	20	80
FP8	60	40
FP9	40	60

*FP = Formulación Piloto

Las muestras de fresas y moras fueron seleccionadas de manera que fueran lo más homogéneas posible en tamaño y coloración. Las muestras fueron desinfectadas y recubiertas con la formulación correspondiente.

Durante el proceso de aplicación del recubrimiento fue posible identificar que las formulaciones con mayor cantidad de almidón yuca (FP1, FP2, FP7, FP9) formaban recubrimiento más transparentes y más viscosos lo cual provocaba que tanto las fresas como las moras recubiertas tuvieran mayor brillo, pero una capa más gruesa y evidente de recubrimiento. Por otra parte, las formulaciones con mayor cantidad de almidón de sorgo (FP3, FP4, FP6, FP8) formaban recubrimientos opacos y de

consistencia más líquida, en consecuencia, las fresas y moras recubiertas eran un poco opacas con capas de recubrimiento más delgadas y por consiguiente menos perceptibles visualmente.

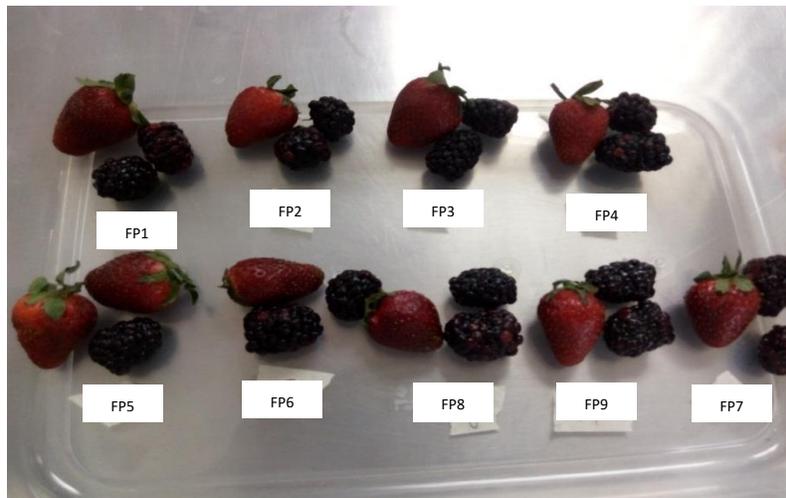


Figura 3-3. Muestras de fresas y moras recubiertas con las nueve formulaciones para la prueba piloto.

El periodo de análisis de las muestras fue de 8 días; durante el cual se evaluaron aspectos visuales del recubrimiento en moras y fresas así como la pérdida de peso registrados.

En los aspectos visuales se evaluó; si había desprendimiento del recubrimiento, pérdida de brillo, pérdida de color, daños superficiales en las frutas. Las frutas recubiertas con formulaciones con mayor cantidad de almidón de yuca, presentaron desprendimientos de recubrimiento más evidentes que aquellas con mayor cantidad de almidón de sorgo, la pérdida de brillo en las frutas recubiertas con las formulaciones con mayor cantidad de almidón de sorgo fue más evidente. Tanto fresas como moras presentaron daños superficiales en el día 8 sin importar la formulación usada para recubrirlas.

La pérdida de peso de las muestras de fresa y mora se registró diariamente durante 6 días, del día 1 al día 3 y del día 6 al día 8 (Ver anexo G1, para observar los datos

recolectados y un ejemplo de cálculo). A continuación, se presenta el resumen de las pérdidas de peso porcentuales para fresas y moras recubiertas.

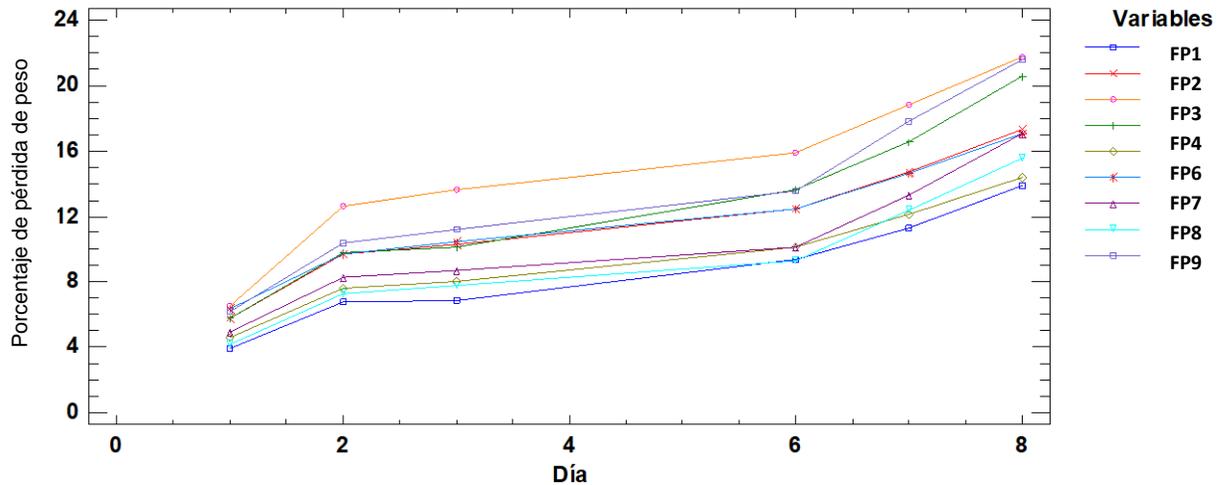


Figura 3-4. Gráfico de pérdida de peso porcentual para fresas recubiertas, prueba piloto.

En la figura 3-4 se puede apreciar que las fresas recubiertas con las formulaciones FP1, FP5, FP8, FP6 presentan la menor pérdida porcentual de peso. Se debe tomar en cuenta que la formulación FP1 se descarta debido a que no es una mezcla de los almidones y por lo tanto solo se toma como dato de referencia.

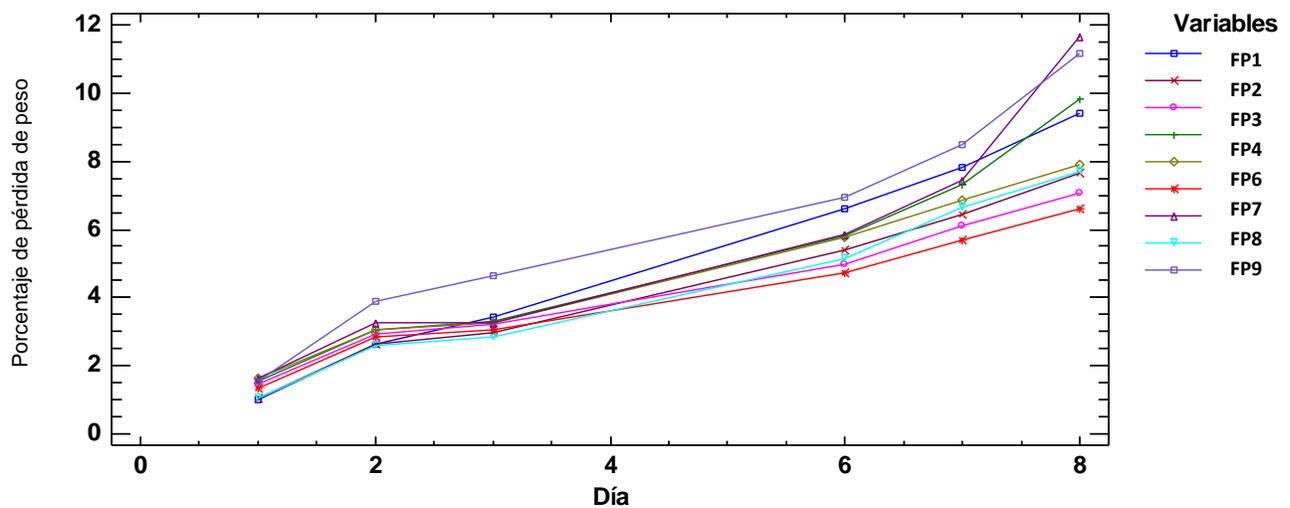


Figura 3-5. Gráfico de pérdida de peso porcentual para moras recubiertas, prueba piloto.

En la figura 3-5 se identifican a las muestras de moras recubiertas con las formulaciones FP6, FP3, FP2, FP8 como las muestras con menor pérdida de peso porcentual. De igual manera FP3 solamente se debe considerar como un dato de referencia debido a que no es una mezcla de almidones.

3.2.2. Evaluación de las formulaciones como biopelícula

Las nueve formulaciones generadas dentro de la prueba piloto, se evaluaron como biopelícula; para obtenerlas se realizaron pruebas de secado a distintos tiempos y temperaturas, de manera que a una temperatura entre 40-50 °C por 15 horas se obtenían biopelículas con mayor facilidad para desmoldar.

Entre los criterios que se tomaron en cuenta para seleccionar las formulaciones con mejor comportamiento como biopelícula fueron: transparencia, textura y facilidad para desmoldar.

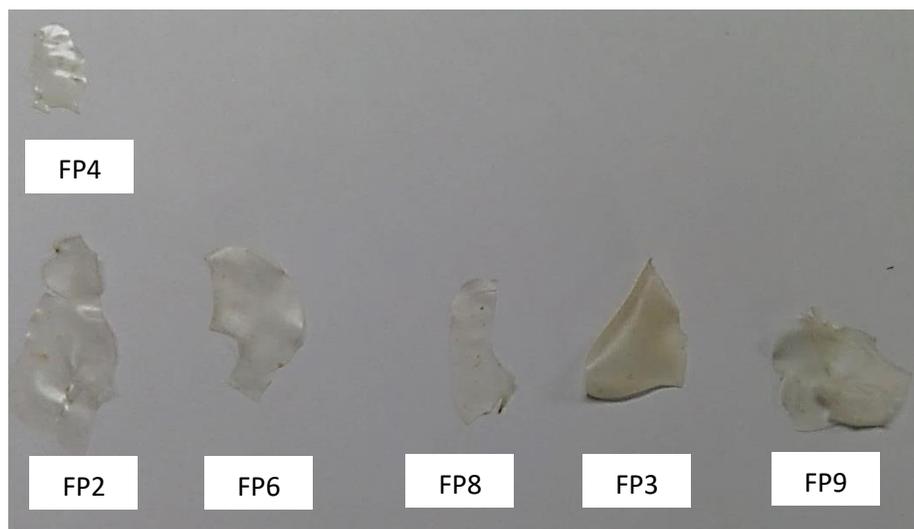


Figura 3-6. Biopelículas obtenidas luego de 15 horas de secado a 40 °C, prueba piloto.

En la Figura 3-6 se observa que las biopelículas obtenidas con las formulaciones piloto 2, 3, 4, 6, 8 y 9 presentaron mayor facilidad para desmoldar, sin embargo la formulaciones piloto 2, 4, 8 y 9 fueron más quebradizas con respecto a la formulaciones piloto 3 y 6, la formulación 3 a pesar de tener mayor elasticidad, se

veía más opaca, con respecto al resto, por tener 100% de almidón de sorgo en su formulación y la formulación 6 presentó mejores características visuales, facilidad de desmoldar y elasticidad.

De ambas evaluaciones, es decir del comportamiento de las formulaciones piloto como recubrimiento comestible y como biopelícula se concluye, que las muestras de moras y fresas cuyos recubrimientos tenían un porcentaje de sorgo entre 50% y 80% tuvieron un menor porcentaje de pérdida de peso y un comportamiento más estable con respecto a las formulaciones con mayor porcentaje de almidón de yuca, además al ser evaluadas como biopelículas las formulaciones con mayor porcentaje de almidón de Sorgo presentaron mayor elasticidad y facilidad de desmoldar, por lo tanto, es justificable que para construir el diseño de experimento se consideren como niveles bajo y alto del factor “% de almidón de sorgo” los porcentajes de 50% y 80%.

3.3. Diseño de experimentos.

Como se planteó en la tabla 2-3, el diseño de experimentos, permitirá cumplir con el objetivo de evaluar las distintas proporciones de mezcla de almidones para obtener el número de formulaciones a estudiar y su composición. Las variables respuestas establecidas para la investigación son las variaciones de las propiedades de las frutas recubiertas: pH, pérdida porcentual de humedad, sólidos solubles totales, acidez titulable y transparencia del recubrimiento. Así como los resultados de las propiedades de las biopelículas: permeabilidad al vapor de agua, biodegradabilidad y solubilidad al agua.

Los factores establecidos para estudiar sus efectos en las variables respuestas son el porcentaje de almidón de sorgo en la formulación, debido a que teóricamente provee de mejores características a los geles formados, y el porcentaje de glicerol usado como plastificante, ya que el uso de este en la formulación provee características, que mejoran el manejo de los recubrimientos elaborados a base almidón.

Según Versino, Lopez, Garcia, y Zaritzky (2016) en las formulaciones de películas comestibles elaboradas a partir de almidón, comunmente se utilizan como plastificantes glicerol y sorbitol en concentraciones entre 5 y 50 g/L por lo que se establece un nivel bajo de 20g/L y un nivel alto 40g/L de glicerol, además de incluir en la formulación 0.1% de sorbato de potasio, dato obtenido de la prueba piloto.

Basándose en la información recabada durante la revisión bibliográfica complementada con los resultados de las pruebas de comportamiento de biopelículas y recubrimientos que se obtuvieron en la prueba piloto, se establecieron los niveles de los factores. Los niveles establecidos para los factores incidentes en las variables respuestas, fueron de 2%P/V a 4%P/V de glicerol y de 50% a 80% de almidón de sorgo, se utilizó el software especializado para realizar el diseño de experimentos, donde luego de definir los factores y las ocho variables respuesta de: pH, pérdida de porcentual de humedad, sólidos solubles totales, acidez titulable, transparencia, permeabilidad al vapor de agua, biodegradabilidad y solubilidad al agua de las biopelículas, se seleccionó el diseño central factorial 2² estrella y se generaron diez formulaciones, las cuales combinan distintos porcentajes de almidón de Sorgo con diferentes porcentajes de glicerol; las formulaciones que se evaluarán en el diseño de experimento se presentan en la Tabla 3-13.

Cada una de las formulaciones generadas será evaluada, para determinar la incidencia que tiene la variación de los factores en el comportamiento de las variables respuestas establecidas previamente. Según el comportamiento de las variables respuestas se seleccionará la mejor formulación, la cual se aplicará a frutas frescas con el propósito de realizar un estudio de vida de anaquel.

Tabla 3-13. Formulaciones según diseño 2² estrella.

Formulación	Porcentaje de almidón de sorgo (%)	Porcentaje de almidón de Yuca (%)	Porcentaje de Glicerol (g) % P/V
F1	86.21	13.79	3
F2	65	35	3
F3	65	35	4.41
F4	65	35	1.59

Continúa

Tabla 3-13. Formulaciones según diseño 2² estrella

Formulación	Porcentaje de almidón de sorgo (%)	Porcentaje de almidón de Yuca (%)	Porcentaje de Glicerol (g) % P/V
F5	80	20	4
F6	43.79	56.21	3
F7	80	20	2
F8	50	50	4
F9	65	35	3
F10	50	50	2

3.4. Acondicionamiento de la materia prima (fruta fresca) utilizada en la fase de experimentación

Con el propósito de establecer cual de las diez formulaciones generadas durante la etapa del diseño de experimento tendrá el mejor desempeño como recubrimiento. Se decidió realizar evaluaciones periodicas para determinar si el uso de las formulaciones causaba alguna disminucion en el deterioro de las frutas. Para minimizar el error en las mediciones de los parámetros escogidos (cambio de peso, disminución de grados brix, cambio de pH, cambio en la acidez titulable) las muestras utilizadas durante el experimento debian ser seleccionadas de tal forma que fueran lo más similares posible entre ellas. Durante el proceso de selección de las muestras, el manejo de la fruta se realizó de manera que se previnieran daños físicos y contaminación microbiologicas de las muestras.

Las etapas del proceso de selección y preparacion de las muestras son las siguientes:

3.4.1. Recepcion de la fruta.

Las fresas al igual que las moras fueron adquiridas en supermercados, la compra de las frutas fue programada de tal forma que se realizara el dia en que se recibia fruta fresca en el supermercado. Las frutas se enjuagaron con agua potable para remover la suciedad gruesa y luego fueron sumergidas en un recipiente con agua y jabon para ser lavadas, una vez retirados los residuos de jabon la fruta fue

sumergida en agua purificada a la cual se le adicionó una solución desinfectante de yodo, luego, se enjuagaron con agua purificada y se secaron usando papel absorbente.

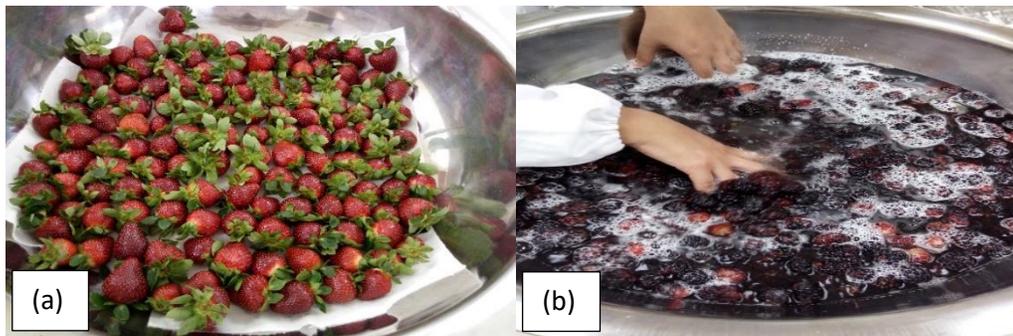


Figura 3-7. (a) Recepción de fresas. (b) Limpieza de moras.

3.4.2. Selección de las muestras.

En esta etapa se realizó una selección de las frutas basandose en la apariencia de las mismas. Las frutas escogidas debian presentar coloración uniforme y adecuada al estadio de maduración según la fruta. Otro aspecto importante, tomado en cuenta para la selección fue, la ausencia de daños en la fruta asi como manchas que indicaran algun tipo de contaminacion microbiologica. Las frutas seleccionadas fueron distribuidas en grupos de quince unidades cada uno teniendo cuidado de realizar la distribucion de tal manera que las muestras que componian cada grupo fuesen uniformes entre ellas. Cada grupo de muestras fue colocado individualmente en una caja plastica rotulada con la formulacion que se utilizaría para recubrir las respectivas muestras.

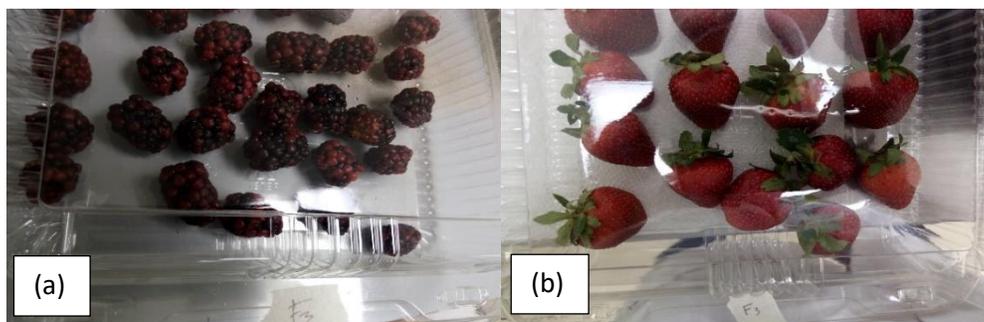


Figura 3-8 (a) Moras seleccionadas como muestras (b) fresas seleccionadas como muestras.

3.4.3. Recubrimiento de las muestras.

Se prepararon las diez distintas formulaciones que se utilizaron como recubrimiento, agregando en un beaker la mezcla de almidón correspondiente a cada formulación y añadiendo agua purificada, cada mezcla se calentó mientras se homogenizaba hasta alcanzar el punto de gelificación para poder agregar el porcentaje de glicerol respectivo. Las mezclas se dejaron reposar hasta alcanzar una temperatura de 40°C para poder agregar el sorbato de potasio y proceder a recubrir.

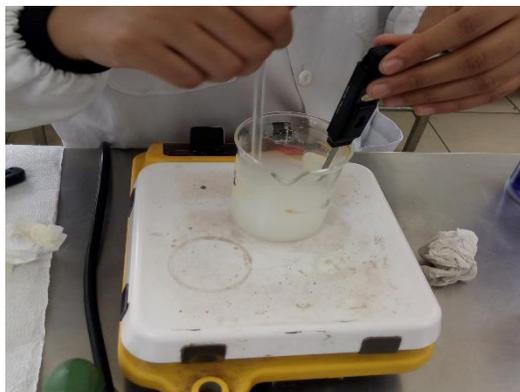


Figura 3-9. Preparación de recubrimientos.

Las muestras de frutas seleccionadas para cada formulación fueron sumergidas una por una en los beakers que contenía la mezclas de las diez formulaciones. Utilizando una pinza metálica previamente esterilizada se retiraron las frutas dejando que el exceso de la mezcla escurriera.

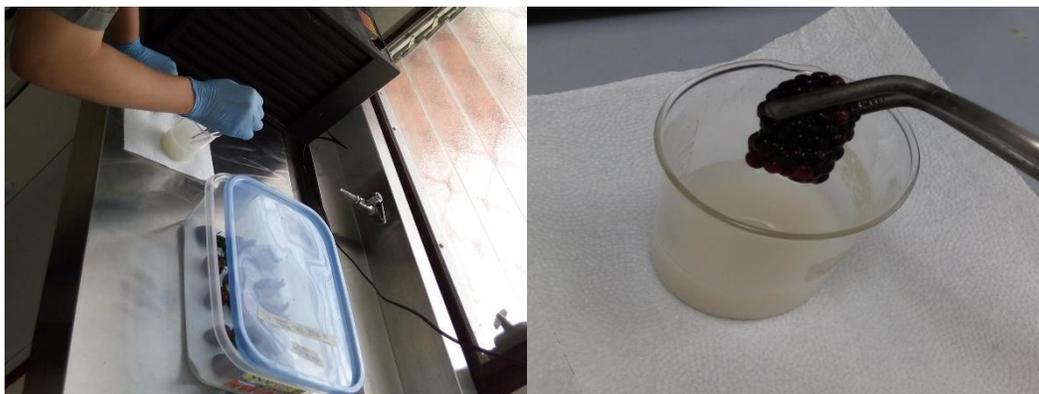


Figura 3-10. (a) Control de temperatura del recubrimiento, (b) Mora recubierta.

3.4.4. Secado.

Posteriormente las frutas se colocaron en bandejas plasticas en un secador de corriente de aire durante 30 minutos aproximadamente para cada formulación a una temperatura de 44° C. Para asegurar un secado uniforme las frutas fueron rotadas regularmente.

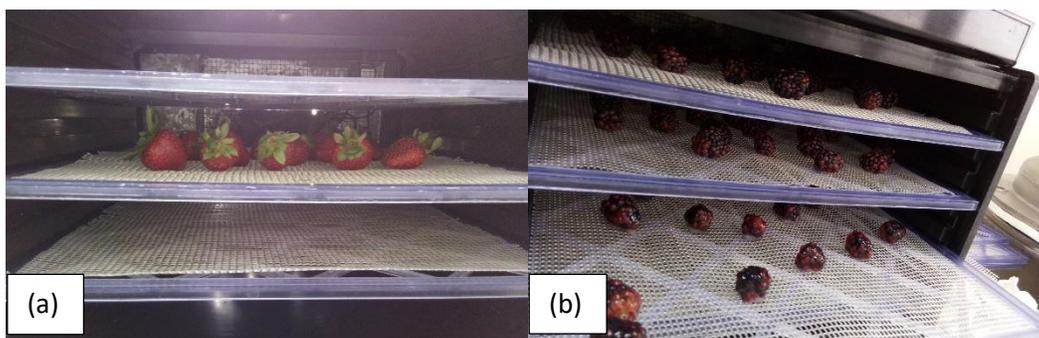


Figura 3-11. (a) Secado de muestras de fresas, (b) Secado de muestras de moras.

3.4.5. Pesado.

Una vez terminado el secado de las frutas se tomo el peso de las muestras de cada formulación usando una balanza semianalitica, los datos de pesos de cada muestra fueron registrados como los pesos iniciales.

3.4.6. Almacenamiento.

Las muestras fueron colocadas en las cajas previamente rotuladas y almacenadas en una refrigeradora con una temperatura de aproximadamente 2.7°C.



Figura 3-12. Fresas almacenadas en refrigeración.

3.5. Elaboración de biopelículas

Además de evaluar cada una de las formulaciones como recubrimiento comestible en frutas frescas, también se evaluaron en forma de biopelícula, en los parámetros de: Permeabilidad al vapor de agua, biodegradabilidad, transparencia y solubilidad al agua, cumpliendo así con el objetivo específico de caracterizar físicamente cada una de las biopelículas formuladas, el cual, se detalla en la tabla 2-3. En la tabla 3-14 se detalla el procedimiento según Miramont (2012), más algunas modificaciones sobre las condiciones de experimentación y posteriormente se presentan los promedios de la toma de la temperatura de gelificación según Aristizabal y Sanchez (2007), el cual es un parámetro de interés en la elaboración de biopelículas, ya que puede aumentar o disminuir según la fuente botánica empleada para la obtención del almidón.

Tabla 3-14. Procedimiento para la elaboración de biopelículas

Etapa	Descripción	
Gelatinización de los almidones	<p>Luego de pesar cada una de las masas de almidón de Sorgo y Yuca de las formulaciones de recubrimiento, se procedió a mezclar con 100 mL de agua potable en un beaker, utilizando hot plate y con una agitación constante, se registró la temperatura a la cual hubo un cambio hacia una consistencia pastosa. Los registros de temperatura se presentan en la Tabla 3-15.</p>	
Incorporación de aditivos	<p>Habiendo llegado a la temperatura de gelatinización, se agrega el plastificante (glicerol), con una agitación continua hasta llegar a la temperatura de 80° C, durante el enfriamiento al llegar a una temperatura de 40° C, se agregó sorbato de potasio como antifúngico.</p>	
Pesado y secado	<p>Luego de haber formulado por completo el recubrimiento líquido, se colocó 20 g de éste en cajas de Petri, realizándolo por triplicado para cada formulación, posteriormente fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 40°C, por aproximadamente 15 horas.</p>	

Continúa...

Tabla 3-14. Procedimiento para la elaboración de biopelículas

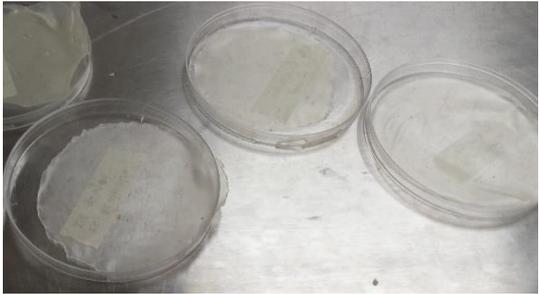
Desmoldado y selección	Se evaluó cada una de las biopelículas secas, eliminando aquellas que presentasen burbujas o grumos, finalmente se procedió a desmoldar con cuidado.	
------------------------	--	--

Tabla 3-15. Temperatura de gelatinización de las distintas formulaciones.

Formulación	Temperatura de Gelificación (°C)
F1	74.4
F2	71.2
F3	71.1
F4	71.0
F5	73.3
F6	68.9
F7	73.4
F8	70.2
F9	71.2
F10	69.9

Según la tabla 3-15, mientras mayor sea la proporción de almidón de Sorgo empleada en la formulación, mayor es la temperatura de gelatinización (Tg), como en el caso de la formulación 1, que contiene 86.21% de almidón de Sorgo y presentó una Tg =74.4°C, caso contrario la formulación 6, la cual consta de 43.79% (% menor) de almidón de Sorgo y presentó la Tg menor de 68.9 °C, según Salinas

Moreno, Pérez Herrera, Castillo Merino, y Álvarez Rivas (2003) este comportamiento se debe a que la temperatura de gelatinización es directamente proporcional a los polímeros de cadenas lineales como la amilosa, que como se detalló anteriormente, se encuentra en mayor proporción en el almidón de Sorgo.

3.6. Evaluación del recubrimiento comestible aplicado en frutas y en forma de biopelícula comestible

Para la evaluación estadística de los datos obtenidos de cada variable respuesta de las 10 formulaciones durante las pruebas experimentales, se utilizó un software especializado en el análisis estadístico, aplicando el método de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD) para realizar un análisis discriminativo de las medias obtenidas de cada formulación en cada prueba, conocido como pruebas de múltiples rangos, mediante este método se agrupan las formulaciones cuyas mediciones experimentales sean homogéneas entre ellas; en la tabla 3-16 se muestra un ejemplo de cómo se presentarían los resultados de la prueba estadística anteriormente mencionada; donde: la primera columna corresponde a la formulación evaluada, la segunda columna llamada “casos” indica el número de datos recolectados del parámetro en evaluación, la tercera columna titulada “media” indica el promedio de los datos recolectados (“casos”) y la cuarta columna llamada “grupos homogéneos” es la que nos permitirá identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los datos de una formulación y otra, cada columna de X's representa a un grupo homogéneo si dos diferentes formulaciones comparten el mismo grupo homogéneo, quiere decir que no hay diferencias estadísticamente significativas en su comportamiento, por ejemplo las formulaciones F4, F10 y F7 presentan una diferencia estadísticamente significativa con respecto a F6, ya que no comparten ningún grupo homogéneo.

Tabla 3-16. Ejemplo del método de diferencias mínimas significativas de Fisher.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F4	3	0.0000597667	X
F10	2	0.00006	X
F7	3	0.0000623667	X
F2	2	0.0000697	XX
F1	2	0.00007185	XX
F8	2	0.0000864	XX
F3	2	0.0000954	XX
F9	2	0.000105	XX
F5	2	0.0001075	XX
F6	3	0.000112667	X

A partir del agrupamiento de la prueba estadística y el análisis “global” final de cada una de las variables respuesta, se seleccionara la mejor formulación.

3.6.1. Prueba de permeabilidad al vapor de agua.

La prueba bajo el método ASTM-E96/E96M-05 para la medición de la permeabilidad al vapor de agua (PVA) se realizó en cada una de las formulaciones en forma de biopelícula para identificar cuales formulaciones presentarían menor permeabilidad y observar si al ser aplicadas en frutas frescas, tendrían algún efecto en la calidad (deshidratación superficial) a lo largo del tiempo. La prueba se realiza con el montaje de unidades de prueba, que consiste en utilizar las biopelículas de muestra, de grosor conocido, como cierre de un tubo de ensayo que contiene desecante, luego se colocan las unidades de prueba en una atmósfera controlada, que se compone de un desecador de vidrio con un medidor de humedad relativa y temperatura (termohigrometro).

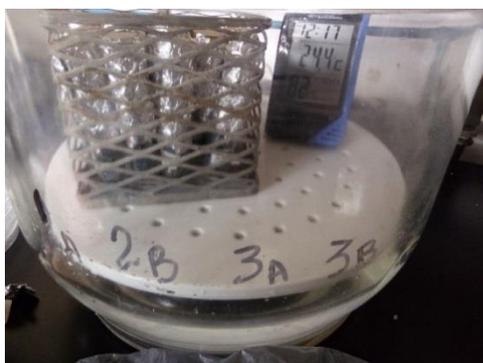


Figura 3-13. Cámara de prueba para la prueba de permeabilidad al vapor de agua.

Las condiciones de humedad relativa y temperatura a las que se trabajaron fueron el promedio para el territorio salvadoreño según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), la humedad relativa se logra agregando en el fondo del desecador 1,000 mL de solución salina sobresaturada y la temperatura, colocando la cámara en baño de agua cuando sea necesario.

La prueba de Permeabilidad al vapor de agua se realizó por triplicado a las 10 formulaciones en forma de biopelículas, con el objetivo de conocer valores de transferencia de vapor de agua a través del material permeable.

Las unidades de prueba se pesaron periódicamente, hasta alcanzar el peso límite, equivalente al 10% del peso inicial del desecante; los aumentos de peso se representan gráficamente como una función de tiempo, utilizando regresión lineal, se calculó la pendiente que se utilizó posteriormente en la fórmula

de índice de transferencia al vapor de agua, valor que sirve para definir el valor de permeanza, mismo que al multiplicarse por el espesor proporciona la permeabilidad al vapor de agua. Ver Anexo G2, donde se presentan las mediciones de peso de las 30 unidades de prueba a través del tiempo.



Figura 3-14. Pesado de la unidad de prueba.

3.6.1.1. Análisis de resultados.

En la Tabla 3-17 se muestra el resumen de los resultados de los cálculos para llegar a los valores de permeabilidad al vapor de agua de cada biopelícula.

Tabla 3-17. Resumen de los resultados de los cálculos para la prueba de permeabilidad al vapor de agua.

	WVT (Transferencia de vapor de agua)			Permeanza	Permeabilidad	P prom	
	Grosor (m)	Pendiente (g/h)	Área de exposición m ²)				WVT (g/hm ²)
1-F1	0.00023	0.0016	9.5033E-07	1683.6186	0.3917	8.95E-05	7.18E-05
2-F1	0.00021	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	7.10E-05	
3-F1	0.00021	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	7.27E-05	
1-F2	0.00024	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	8.11E-05	6.97E-05
2-F2	0.00030	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	1.03E-04	
3-F2	0.00017	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	5.83E-05	
1-F3	0.00026	0.0015	9.5033E-07	1578.39244	0.3672	9.61E-05	9.54E-05
2-F3	0.00028	0.0019	9.5033E-07	1999.29709	0.4651	1.28E-04	
3-F3	0.00026	0.0015	9.5033E-07	1578.39244	0.3672	9.47E-05	
1-F4	0.00018	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	6.12E-05	5.97E-05
2-F4	0.00020	0.0013	9.5033E-07	1367.94011	0.3182	6.21E-05	
3-F4	0.00016	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	5.60E-05	
1-F5	0.00026	0.0016	9.5033E-07	1683.6186	0.3917	1.00E-04	1.07E-04
2-F5	0.00026	0.0018	9.5033E-07	1894.07093	0.4406	1.15E-04	
3-F5	0.00026	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	8.85E-05	
1-F6	0.00030	0.0015	9.5033E-07	1578.39244	0.3672	1.10E-04	1.13E-04
2-F6	0.00030	0.0017	9.5033E-07	1788.84476	0.4161	1.25E-04	
3-F6	0.00030	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	1.03E-04	
1-F7	0.00018	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	6.10E-05	6.24E-05
2-F7	0.00022	0.0013	9.5033E-07	1367.94011	0.3182	6.87E-05	
3-F7	0.00017	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	5.74E-05	
1-F8	0.00021	0.0016	9.5033E-07	1683.6186	0.3917	8.22E-05	8.64E-05
2-F8	0.00038	0.0019	9.5033E-07	1999.29709	0.4651	1.76E-04	
3-F8	0.00025	0.0015	9.5033E-07	1578.39244	0.3672	9.06E-05	
1-F9	0.00026	0.0017	9.5033E-07	1788.84476	0.4161	1.08E-04	1.05E-04
2-F9	0.00022	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	7.68E-05	
3-F9	0.00025	0.0017	9.5033E-07	1788.84476	0.4161	1.02E-04	
1-F10	0.00025	0.0015	9.5033E-07	1578.39244	0.3672	9.18E-05	6.00E-05
2-F10	0.00019	0.0015	9.5033E-07	1578.39244	0.3672	6.86E-05	
3-F10	0.00015	0.0014	9.5033E-07	1473.16628	0.3427	5.14E-05	

Uno de los factores más importantes que afecta la permeabilidad al vapor de agua, es el uso de plastificantes, ya que cuanto mayor contenido de plastificante, mayor será la PVA, esto debido a que su presencia disminuye las fuerzas intermoleculares en las cadenas del polímero, dando una mayor movilidad molecular, aumentando su permeabilidad al agua (Villada y Joaqui, 2013). Los valores promedios de permeabilidad al vapor de agua para cada formulación se presentan en la Figura 3-15.

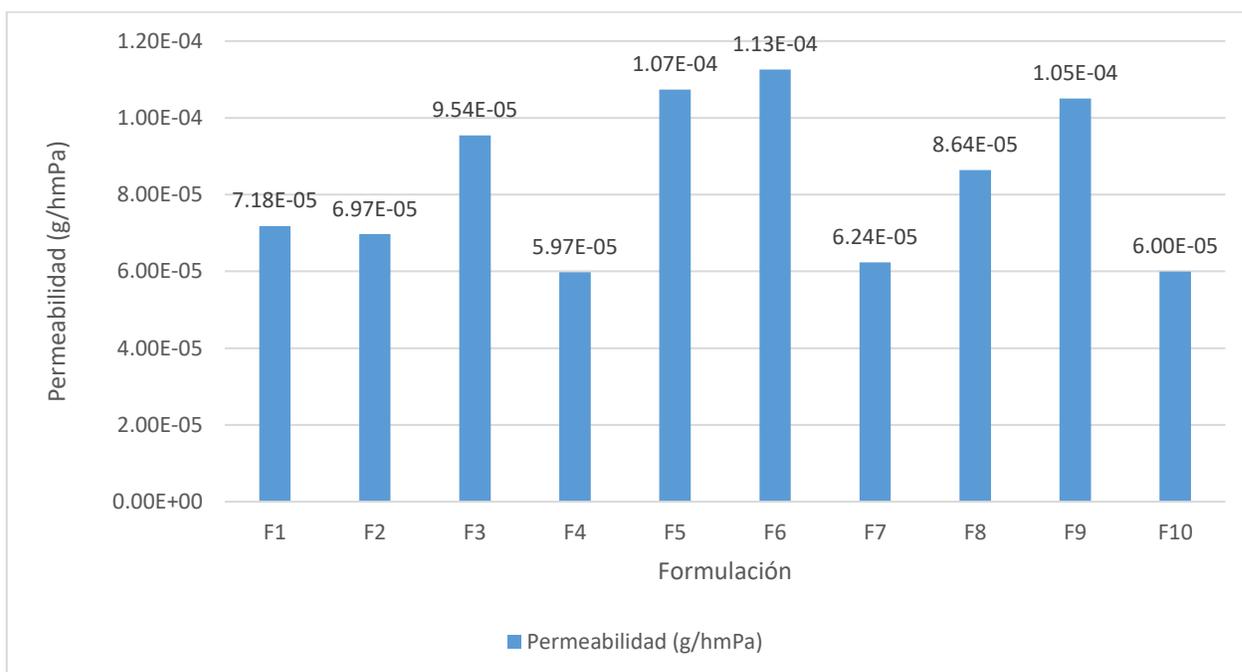


Figura 3-15. Gráfico de valores de permeabilidad al vapor de agua para cada formulación.

Como se puede observar la biopelícula obtenida a partir de la formulación 4, con un 65% de almidón de sorgo y 1.59 %P/V de glicerol, presentó menor permeabilidad al vapor de agua, seguida de la formulación 10, que posee 50% de almidón de sorgo y 2 %P/V de glicerol. Por otra parte la formulación 6, que consta de 43.79% de almidón de sorgo y 3 %P/V de glicerol, presenta biopelículas más permeables al vapor de agua, por lo tanto el factor “porcentaje de glicerol” si tiene un efecto en la variable respuesta permeabilidad al vapor de agua, a menor cantidad de glicerol, la permeabilidad al vapor de agua también decrece y consecuentemente se obtienen

recubrimientos comestibles que favorecen más la calidad de los productos en los cuales son aplicados, debido a que se regula la migración de la humedad (Guerrero Beltran y Vázquez Briones, 2013) .

Al realizar el análisis estadístico utilizando un software especializado, aplicando el metodo de diferencias minimas significativas de Fisher a aquellos datos de permeabilidad al vapor de agua que fueran parecidos entre sí en cada formulación, descartando aquel dato que tuviera diferencia significativa con respecto a las otras dos repeticiones, se obtuvo el resultado de que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 10 formulaciones con un nivel del 95.0% de confianza. Tal como se observa en la Tabla 3-18, se han identificado 5 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, donde las formulaciones que no comparten una misma columna de X's presentan una diferencia estadísticamente significativa entre ellas, caso contrario de aquellas formulaciones que compartan una misma columna de X's, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

Tabla 3-18. Prueba de rangos múltiples para prueba de permeabilidad al vapor de agua.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F4	3	0.0000597667	X
F10	2	0.00006	X
F7	3	0.0000623667	X
F2	2	0.0000697	XX
F1	2	0.00007185	XX
F8	2	0.0000864	XX
F3	2	0.0000954	XX
F9	2	0.000105	XX
F5	2	0.0001075	XX
F6	3	0.000112667	X

3.6.2. Prueba de solubilidad en agua.

El objetivo de realizar esta prueba radica en evaluar el comportamiento de la biopelícula ante la presencia de agua, determinando así su uso, por ejemplo los recubrimientos con un porcentaje de solubilidad bajos con ideales cuando se desea limitar el exudado de productos frescos durante su almacenamiento. (Márquez Hernandez, 2010).

Para llevar a cabo la prueba de solubilidad en agua se elaboraron las biopelículas por triplicado para cada formulación, luego de 15 horas a 40 °C se desmoldaron y recortaron rectángulos de 3x4 cm aproximadamente y se colocaron en un desecador por 24 horas.



Figura 3-16. Biopelículas en agua y con agitación constante.

Posteriormente se pesaron y se colocaron en un vaso de precipitado con 80 ml de agua destilada y agitación constante por una hora a temperatura ambiente. Pasada la hora se filtró y se colocó en la estufa a 60 °C hasta llegar a un peso constante.

Para determinar la materia seca no soluble en agua, se restó el peso final del peso de materia seca inicial, se obtuvo el peso de materia seca que se solubilizó en agua durante una hora y se expresó como un porcentaje de la materia seca inicial.



Figura 3-17. Papel filtro con restos de biopelícula.

3.6.2.1. Análisis de resultados

En la Tabla 3-19 se muestra el resumen de los resultados de los cálculos para llegar a los valores de solubilidad en agua de cada biopelícula por triplicado.

Tabla 3-19. Resumen de calculos para la prueba de solubilidad en agua.

Código	Peso inicial biopelícula	Peso papel filtro	Peso papel+biopelícula	Peso final de biopelícula	% solubilidad	Promedio (%)
1-F1	0.1425	0.9143	1.0026	0.0883	38.0351	39.3730
2-F1	0.1562	0.8900	0.9851	0.0951	39.1165	
3-F1	0.1633	0.9145	1.0109	0.0964	40.9675	
1-F2	0.1650	0.9216	1.0145	0.0929	43.6970	44.3046
2-F2	0.1586	0.9203	1.0090	0.0887	44.0731	
3-F2	0.1637	0.9277	1.0175	0.0898	45.1436	
1-F3	0.1972	0.9477	1.0350	0.0873	55.7302	57.7839
2-F3	0.1559	0.9379	1.0056	0.0677	56.5747	
3-F3	0.1815	0.9603	1.0310	0.0707	61.0468	
1-F4	0.1120	0.9020	0.9721	0.0701	37.4107	30.8226
2-F4	0.1118	0.9519	1.0576	0.1057	30.8226	
3-F4	0.1143	0.9224	1.0090	0.0866	24.2345	
1-F5	0.1796	0.9070	1.0141	0.1071	40.3675	39.2686
2-F5	0.1661	0.8987	1.0014	0.1027	38.1698	
3-F5	0.1642	0.9218	0.9998	0.0780	39.2685	
1-F6	0.2323	0.9095	1.0257	0.1162	49.9785	50.3239
2-F6	0.1942	0.9043	1.0001	0.0958	50.6694	
3-F6	0.1585	0.8530	0.9502	0.0972	38.6751	
1-F7	0.1647	0.8932	1.0121	0.1189	27.8081	30.1876
2-F7	0.1256	0.9096	0.9944	0.0848	32.4841	
3-F7	0.1404	0.9008	0.9987	0.0979	30.2707	
1-F8	0.2506	0.9072	1.0262	0.1190	52.5140	51.1272
2-F8	0.2696	0.9308	1.0663	0.1355	49.7404	
3-F8	0.2220	0.9102	0.9987	0.0885	60.1351	
1-F9	0.1923	0.8486	0.9631	0.1145	40.4576	52.6640
2-F9	0.2243	0.9122	1.0207	0.1085	51.6273	
3-F9	0.1851	0.9313	1.0170	0.0857	53.7007	
1-F10	0.1480	0.8777	0.9674	0.0897	39.3919	36.0388
2-F10	0.1273	0.9231	1.0066	0.0835	34.4069	
3-F10	0.1253	0.8934	0.9757	0.0823	34.3176	

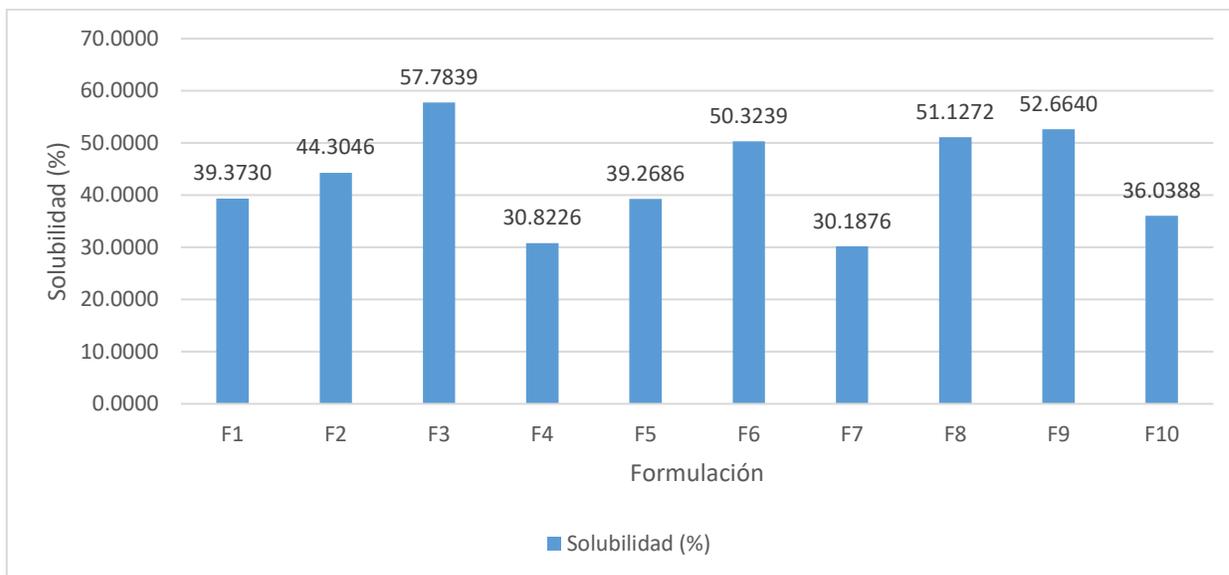


Figura 3-18. Gráfico de valores de % de solubilidad en agua para cada formulación.

Según la aplicación de esta investigación, un porcentaje menor de solubilidad presentaría una ventaja por la baja temperatura y humedad relativa de almacenamiento de la fruta recubierta; los valores promedios de solubilidad en agua, se presentan en la Figura 3-18 y como se observa, el porcentaje de materia soluble en agua, aumenta a mayores valores porcentaje de glicerol, como es el caso de la formulación 3 compuesta por 65% de almidón de Sorgo y un 4.41 P/V% de glicerol, por el contrario la formulaciones 7 (80% de almidón de Sorgo y un 2 P/V% de glicerol), 4 (por 65% de almidón de Sorgo y un 1.9 P/V% de glicerol) y 10 (50% de almidón de Sorgo y un 2 P/V% de glicerol) que contienen menor porcentaje de glicerol en su formulación presentan un menor porcentaje de solubilidad en agua y por lo tanto tienen un comportamiento aceptable como recubrimiento en frutas almacenadas en refrigeración.

El análisis estadístico realizado a los datos parecidos entre sí por formulación, obtenidos para la prueba de solubilidad en agua, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 10 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Mediante el procedimiento de diferencia mínima significativa

de Fisher (LSD), y tal como lo indica la tabla 3-20, se han identificado 7 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, lo que además indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

Tabla 3-20. Prueba de rangos múltiples para prueba de solubilidad en agua.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F7	3	30.1876	X
F4	2	30.8226	XX
F10	3	36.0388	XX
F5	2	39.2687	XX
F1	3	39.373	XX
F2	3	44.3046	XX
F6	2	50.3239	XX
F8	2	51.1272	X
F9	2	52.664	XX
F3	3	57.7839	X

3.6.3. Biodegradabilidad

La evaluación de biodegradabilidad de las biopelículas, para comprobar el grado de desintegración física de las mismas en el tiempo, consistió en introducir compost a recipientes plásticos y posteriormente se introdujeron las muestras de biopelículas cortadas en piezas de 2.5 x 2.5 cm² poniendo cada trozo entre mallas de acero inoxidable para permitir el contacto directo con el suelo y una fácil recuperación del material para su inspección visual. Dichas mallas de acero conteniendo las muestras se enterraron a una profundidad de 8 cm.



Figura 3-19. Reactor para la prueba de biodegradabilidad.

3.6.3.1. Análisis de resultados

En la Tabla 3-21 se muestra los resultados de los valores de biodegradabilidad para cada biopelícula por triplicado. Ver ANEXO G.3. donde se registran los cambios de peso de las biopelículas evaluadas en el tiempo.

Tabla 3-21. Resultados para la prueba de biodegradabilidad.

Formulación	Total de días	Promedio De días
1-F1	18	17.3
2-F1	15	
3-F1	19	
1-F2	15	14.7
2-F2	14	
3-F2	15	
1-F3	21	18.0
2-F3	15	
3-F3	18	
1-F4	21	18.0
2-F4	18	
3-F4	15	

Continúa

Tabla 3-21. Resultados para la prueba de biodegradabilidad.

Formulación	Total de días	Promedio De días
1-F5	15	16.0
2-F5	15	
3-F5	18	
1-F6	18	15.3
2-F6	14	
3-F6	14	
1-F7	15	14.7
2-F7	14	
3-F7	15	
1-F8	15	15.0
2-F8	15	
1-F9	14	14.0
2-F9	14	
3-F9	14	
1-F10	15	16.3
2-F10	19	
3-F10	15	

Las biopelículas formuladas son completamente biodegradables y su tiempo de desintegración física varía entre 14 y 18 días. La formulación 9, con 65% de almidón de sorgo, 35% de almidón de yuca y 3 %P/V de glicerol, tardó 14 días en desintegrarse por completo, mientras que la formulación 3 y 4 , ambas con 65 % de almidón de sorgo y 35% de almidón de yuca, 4.41 %P/V y 1.59 %P/V de glicerol, respectivamente, tardaron 4 días más en degradarse por completo.

Según la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD), si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los valores de biodegradabilidad de la formulación 9 con respecto a las formulaciones 3 y 4 como

se observa en la Tabla 3-22, se han identificado 2 grupos homogéneos cada uno representado por una columna de X.

Tabla 3-22. Prueba de rangos múltiples para biodegradabilidad.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F9	3	14.0	X
F7	3	14.6667	XX
F2	3	14.6667	XX
F8	2	15.0	XX
F6	3	15.3333	XX
F5	3	16.0	XX
F10	3	16.3333	XX
F1	3	17.3333	XX
F3	3	18.0	X
F4	3	18.0	X

3.6.4. Determinación de transparencia de las pastas de almidón.

Con el objetivo de conocer si algún factor de la formulación (% de almidón de Sorgo y % de glicerol) incide en la transparencia de los recubrimientos se procede a obtener el porcentaje de transmitancia, se procedió a elaborar, para cada formulación, una solución de almidón al 1%, posteriormente se colocó en ebullición en baño maría por 30 minutos y agitación cada 5 minutos. Luego se tomaron los valores de transmitancia de la solución de almidón al 1%, en un espectrofotómetro UV a una longitud de onda de 650 nm, el porcentaje obtenido representa directamente la transmitancia de la solución.

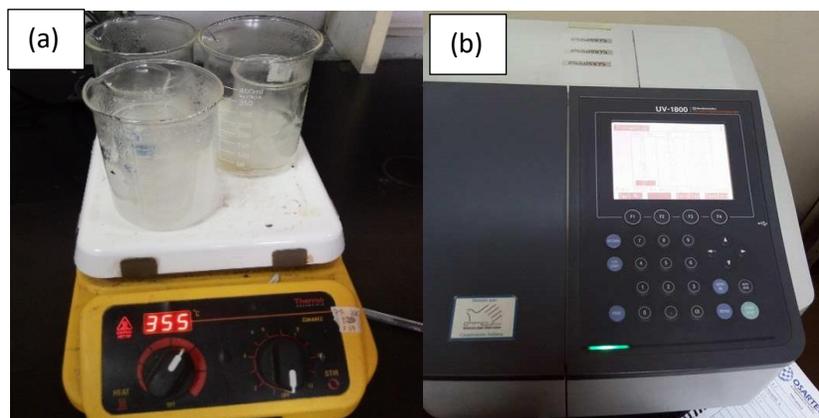


Figura 3-20. (a) Soluciones de almidón al 1% en baño maría. (b) Espectrofotómetro UV 1800 para lectura de % transmitancia.

3.6.4.1. Análisis de resultados

En la Tabla 3-23 se muestran los promedios de los valores de transmitancia para cada formulación de recubrimiento.

Tabla 3-23. Resultados promedios de porcentaje de transmitancia.

Formulación	Porcentaje de transmitancia
F1	3.1
F2	4.1
F3	4.3
F4	3.3
F5	4.8
F6	8.0
F7	3.3
F8	7.6
F9	4.9
F10	7.5

Altos valores de transmitancia indican alta transparencia, sin embargo, para el caso de las 10 formulaciones, dichos valores se encuentran muy bajos, dado que el porcentaje de almidón de sorgo es el que predomina en la mayoría de

formulaciones, se generan recubrimientos relativamente opacos, no obstante, la formulación 6, que posee 43.79% de almidón de sorgo es la que posee mayor porcentaje transmitancia, es decir que existe un efecto del factor “% de almidón de Sorgo” en la variable respuesta de transmitancia, a mayores % de almidón de Sorgo se obtienen valores menores de transmitancia, es decir recubrimientos más opacos.

Según la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD) y la prueba de múltiples rangos, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los valores de transmitancia de las 10 formulaciones, como se observa en la Tabla 3-22, se han identificado 7 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas.

Tabla 3-24. Prueba de rangos múltiples para Transparencia.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F1	3	3.06667	X
F7	3	3.26667	XX
F4	3	3.33333	X
F2	3	4.06667	X
F3	3	4.33333	X
F5	3	4.83333	X
F9	3	4.93333	X
F10	3	7.53333	X
F8	3	7.56667	X
F6	3	8.03333	X

3.6.5. Evaluación de la pérdida de peso en fresas y moras.

Con el objetivo de evaluar el comportamiento de frutos frescos al ser tratados con recubrimientos comestibles (ver objetivo específico 3 de tabla 2-3) como primer

estrategia se estudiará de la pérdida de humedad de las frutas recubiertas con cada una de las diez formulaciones, se determinó el cambio de peso de 15 muestras de fresas y moras para cada una de las diez formulaciones y 15 muestras de fresas y de moras sin recubrimiento que se tomaron como control. Las muestras de cada fruta y formulación fueron pesadas diariamente durante un periodo de 10 días en fresas y 13 en moras. Durante este proceso se tuvo especial cuidado en evitar cualquier contaminación microbiana proveniente de las superficies que estaban en contacto con las frutas y de los analistas que las manipulaban.

3.6.5.1. Análisis de resultados de pérdida de peso para fresas.

Los datos de peso registrados de las muestras de todas las formulaciones (Véase ANEXO G.4.) fueron utilizados para calcular el porcentaje de cambio de peso promedio de las muestras recubiertas con cada una de las formulaciones, el cual incrementó con el paso del tiempo.

Para realizar la selección de la formulación con mejor comportamiento se analizaron los gráficos de comportamiento de pérdida de peso. De esta manera se identificaron aquellas formulaciones cuyas muestras presentaron un porcentaje de pérdida de peso similar o inferior a las muestras de fruta sin recubrimiento.

A continuación en la figura 3-21, se presentan los comportamientos de los promedios de porcentaje de pérdida de peso durante un periodo de 10 días, no solamente de las fresas recubiertas con las 10 formulaciones en estudio, sino también de la fresa sin recubrimiento.

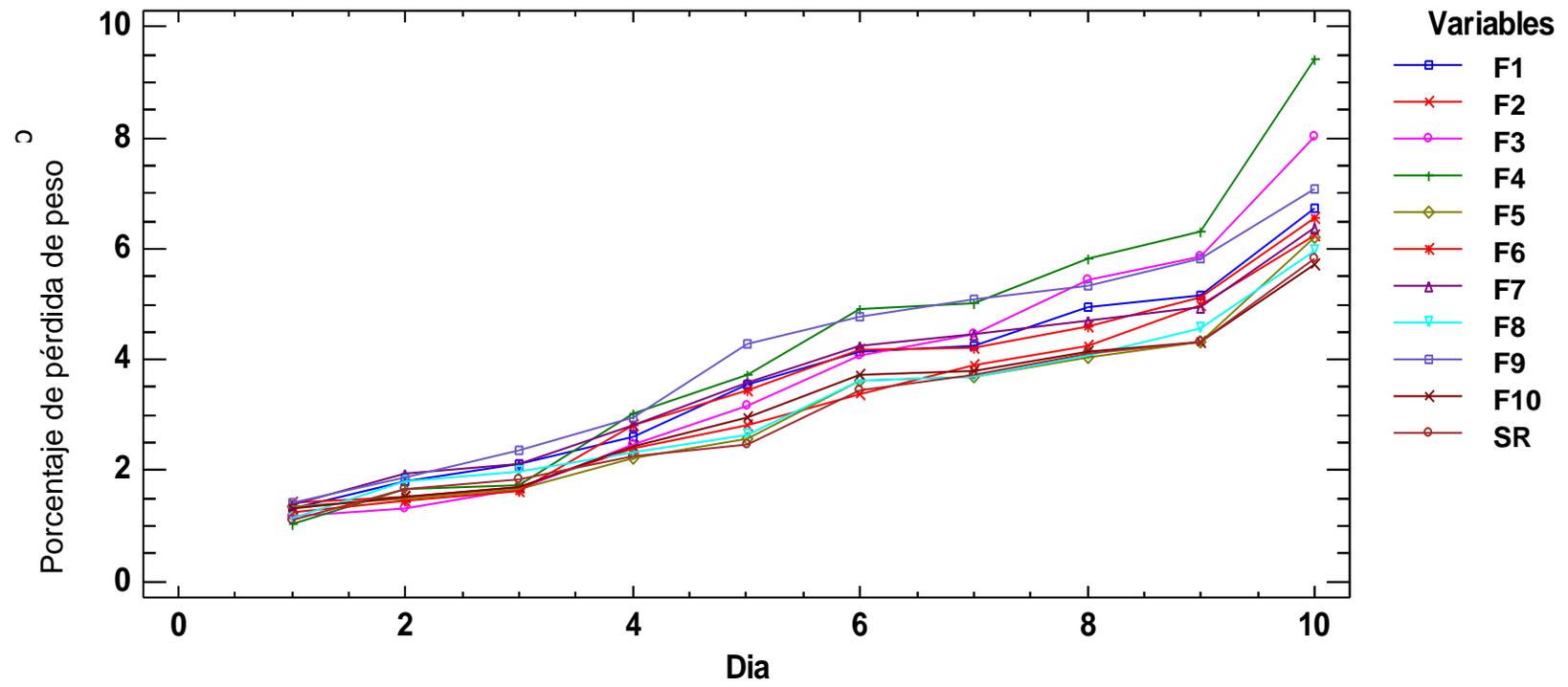


Figura 3-21. Gráfico de comparación de porcentaje de pérdida de peso por día en fresas.

Otro dato importante para identificar algún efecto de los recubrimientos en las frutas, es el porcentaje promedio de pérdida de peso total de cada formulación, en el último día de evaluación. En la Figura 3-22, se puede apreciar como el porcentaje promedio de pérdida de peso total de las muestras de fresas; el valor presentado por la formulación diez es inferior al de las muestras de fresas sin recubrimiento, lo cual, se atribuye a que, al aplicar como recubrimiento la formulación 10 compuesta por 50% de almidón de sorgo y 2% P/V de glicerol, se modificó la transpiración de los frutos y la migración de humedad disminuyó.

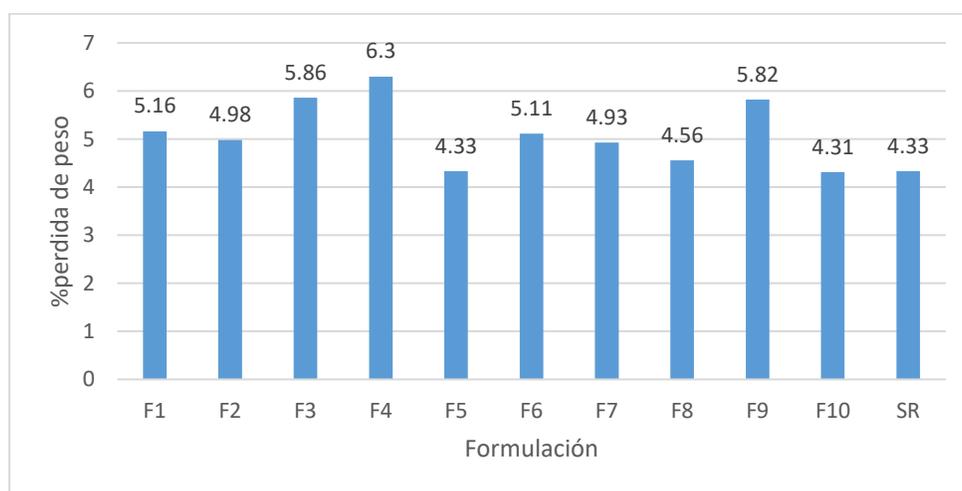


Figura 3-22. Gráfico de comparación de porcentaje de pérdida de peso para día final de evaluación de cada formulación en fresas.

Según el análisis estadístico realizado, utilizando un software estadístico, específicamente con el procedimiento de diferencia mínima significativa de Fisher se determinó, que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias de los datos, como se observa en la Tabla 3-25 todos los datos de porcentaje de pérdida de peso de las frutas recubiertas y sin recubrir forman un bloque de un mismo grupo homogéneo como por lo tanto estadísticamente la aplicación de las formulaciones como recubrimiento en las frutas no tuvo un efecto significativo en la disminución de la pérdida de peso.

Tabla 3-25. Prueba de rangos múltiples para porcentaje de pérdida de peso en fresas.

Formulación	Media	Grupos Homogéneos
F6	3.52013	X
F7	3.65525	X
F1	3.66199	X
F3	3.76145	X
F9	4.09729	X
F4	4.26072	X
SR	3.07562	X
F5	3.11617	X
F10	3.16223	X
F8	3.17703	X
F2	3.25354	X

A pesar de que estadísticamente ninguna de las formulaciones utilizadas como recubrimiento tuvo un efecto significativo en la reducción del porcentaje de pérdida de peso en las frutas, la tendencia de algunos datos mostró una reducción significativa en la pérdida de pesos registrada.

3.6.5.2. Análisis de resultados de pérdida de peso para moras

A continuación, en la figura 3-23, se presenta el comportamiento del porcentaje pérdida de peso promedio por un período de 13 días, cada una de las formulaciones se compara con los datos promedio de pérdida de peso de las muestras recubiertas con el resto de formulaciones y con las muestras sin recubrimiento. Para observar el registro de cambio de peso véase el ANEXO G.5.

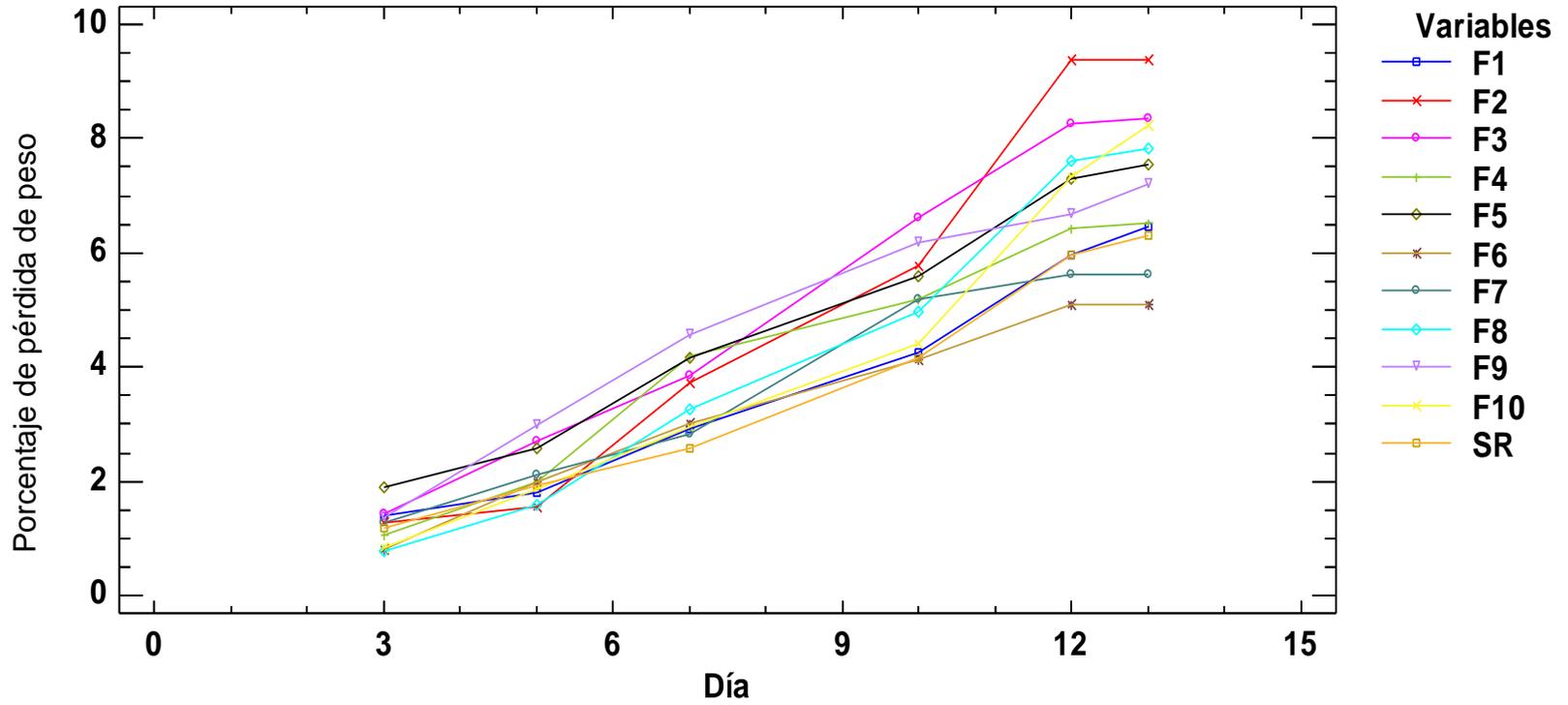


Figura 3-23. Gráfico de comparación de porcentaje de pérdida de peso por día en moras.

Para visualizar de mejor manera el efecto del recubrimiento comestible en la variable respuesta de porcentaje de pérdida de peso en moras, a continuación, se presentan en la Figura 3-24 los valores promedios del porcentaje de pérdida de peso total (último día de evaluación) para cada una de las formulaciones, y las muestras sin recubrimiento, pasados 13 días, las formulaciones seis compuesta por 43.79% de almidón de Sorgo y 3 % P/V de glicerol y siete compuesta por 80% de almidón de Sorgo y 2% P/V de glicerol presentaron un porcentaje de pérdida de peso menor que las muestras sin recubrimiento, a pesar de que estadísticamente no hay diferencias significativas entre los comportamientos de las distintas formulaciones, tal como se muestra en la Tabla 3-26 de la prueba de rangos múltiples, donde solo se observa un mismo grupo homogéneo para cada una de las formulaciones.

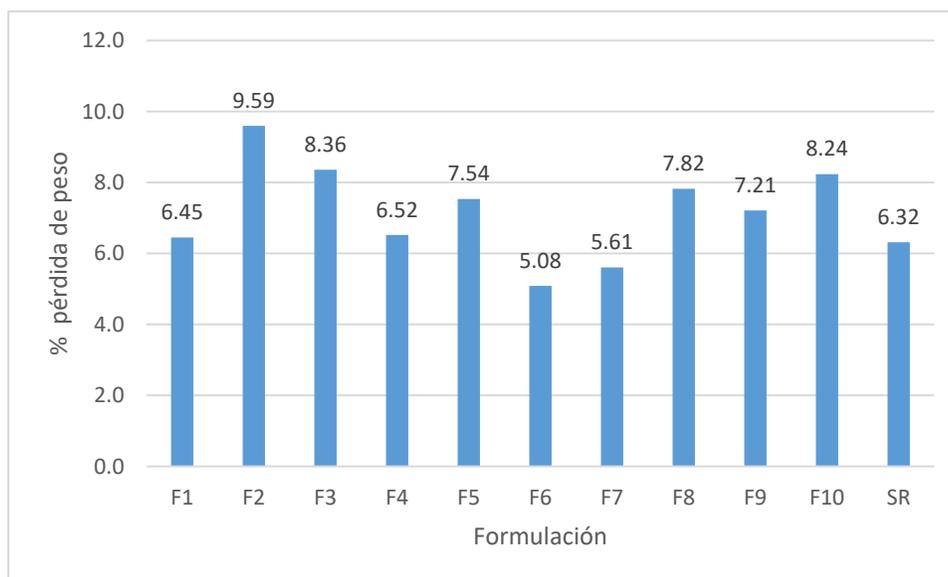


Figura 3-24. Gráfica de porcentaje de pérdida de peso total en moras.

Tabla 3-26. Prueba de rangos múltiples para pérdida de peso en moras.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F6	6	3.35049	X
SR	746	3.68265	X
F7	6	3.76586	X
F1	6	3.79568	X
F4	6	4.22547	X
F10	6	4.27856	X
F8	6	4.33775	X
F9	6	4.82657	X
F5	6	4.84006	X
F2	6	5.18852	X
F3	6	5.20709	X

3.6.6. Determinación del cambio de pH de fresas y moras.

La medición de la variable pH se realizó tanto para las muestras de moras y fresas recubiertas, como para las muestras de éstas mismas no recubiertas, con el objetivo de identificar si el uso de alguna de las diez formulaciones, podría retrasar el periodo de deterioro de las frutas, evidenciado por el aumento del valor de pH. La toma de mediciones en el caso de las fresas se realizó en 4 días en un periodo de 10 días, específicamente los días 0,1, 6 y 10; las moras se evaluaron por 5 días en un periodo de 13 días, los días 0, 1, 6, 10, 13. Para tener datos no solo al inicio y al final de la evaluación, sino también, en días intermedios y observar un mejor comportamiento.

**Figura 3-25.** Toma de pH en fresas.

El procedimiento que se llevó a cabo para ambas frutas (muestras recubiertas y no recubiertas) consistió en: tomar representativamente una muestra, en el caso de las fresas 4 frutos y en el caso de las moras 5 frutos, posteriormente se procedió a macerar dichos frutos y se tomó por triplicado la medición de pH con un pHmetro.

3.6.6.1. Análisis de resultados.

En las siguientes tablas se presentan los promedios por día de la toma de pH de cada una de las formulaciones, tanto para moras como para fresas.

Tabla 3-27. Registro de promedios de pH para fresas.

Formulación	Día 0	Día 1	Día 6	Día 10
F1	3.3	3.4	3.4	3.6
F2	3.3	3.5	3.5	3.6
F3	3.3	3.4	3.3	3.5
F4	3.3	3.5	3.5	3.5
F5	3.3	3.6	3.5	3.5
F6	3.3	3.5	3.4	3.5
F7	3.3	3.5	3.5	3.6
F8	3.3	3.5	3.5	3.6
F9	3.3.	3.5	3.5	3.6
F10	3.3	3.6	3.6	3.6
SR	3.3	3.4	3.4	3.6

Tabla 3-28. Registro de promedios de pH para moras

Formulación	Día 0	Día 1	Día 6	Día 10	Día 13
F1	2.6	2.8	2.7	2.9	3.0
F2	2.6	2.8	2.8	3.0	3.0
F3	2.6	2.8	2.9	2.9	3.0
F4	2.6	2.8	2.7	2.9	2.9
F5	2.6	2.7	2.7	2.9	3
F6	2.6	2.8	2.8	2.9	2.9
F7	2.6	2.8	2.9	2.9	2.9
F8	2.6	2.9	2.9	2.9	2.9
F9	2.6	2.7	2.8	2.9	2.8
F10	2.6*	2.7	2.7	2.9	2.9
SR	2.6	2.8	2.8	2.9	3.0

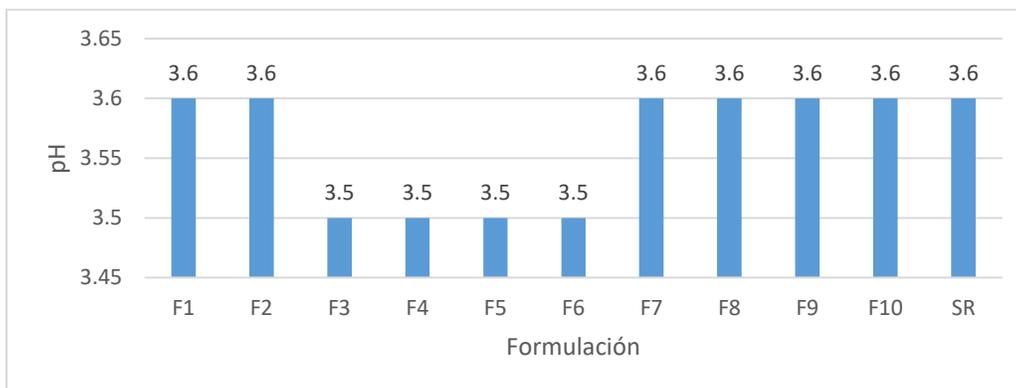


Figura 3-26. Gráfico de valores pH en el día final de evaluación en fresas.

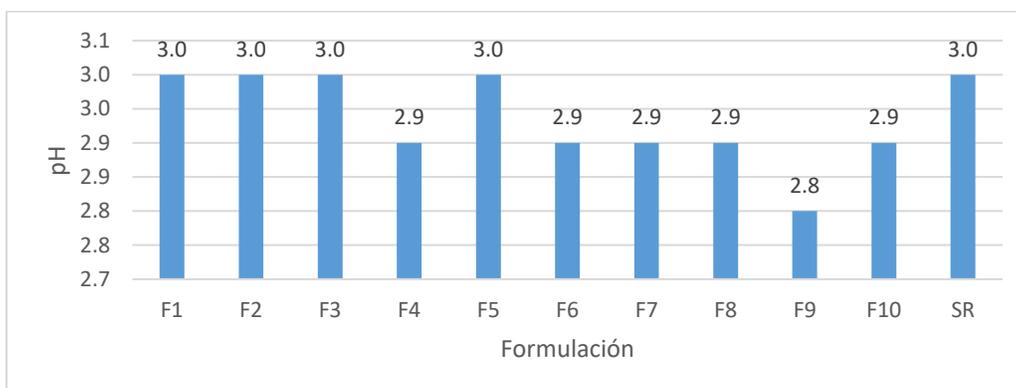


Figura 3-27. Gráfico de valores pH en el día final de evaluación en moras.

En la Figura 3-26 y Figura 3-27 se muestran los datos de pH tomados el último día de evaluación en fresas y moras respectivamente, como se observa no existe mucha variabilidad entre las mediciones de unas formulaciones y otras en el caso de fresas, las formulaciones 3 (65% de almidón de Sorgo y 4.41 % P/V de glicerol), 4 (65% de almidón de Sorgo y 1.59 % P/V de glicerol) ,5 (80% de almidón de Sorgo y 4 % P/V de glicerol),6 (43.79% de almidón de Sorgo y 3 % P/V de glicerol), presentaron un aumento menor de pH en relación a las demás formulaciones y las fresas sin recubrimiento pasando de un valor inicial de 3.3 a un final de 3.5. En el caso de las moras, la formulación 9 (65% de almidón de Sorgo y 3 % P/V de glicerol) presentó el menor cambio en el valor de pH, pasando de un valor inicial de 2.6 a un

valor final de 2.8, cambios menores en los valores de pH indican un retraso tanto en la etapa de maduración como en la etapa de degradación de los frutos.

Tabla 3-29. Prueba de rangos múltiples para cambio de pH en fresas.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F3	12	3.38333	X
SR	12	3.425	XX
F6	12	3.43333	XXX
F4	12	3.43333	XXX
F1	12	3.46667	XXX
F7	12	3.475	XX
F2	12	3.475	XX
F8	12	3.475	XX
F5	12	3.475	XX
F9	12	3.48333	XX
F10	12	3.51667	X

Tabla 3-30. Prueba de rangos múltiples para cambio de pH en moras.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F10	15	2.76667	X
F9	15	2.76667	X
F5	15	2.78	X
F4	15	2.78667	X
F1	15	2.8	X
F6	15	2.80667	X
SR	15	2.80667	X
F7	15	2.82	X
F8	15	2.83333	X
F2	15	2.83333	X
F3	15	2.85333	X

Según la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher, en el caso de los datos de pH de fresas si existe una diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento del cambio de pH de las diferentes formulaciones, como se observa en la Tabla 3-29, donde existen 3 grupos homogéneos cada uno representado por una columna de X. En cambio, para las moras, se obtuvo como resultado que no existe una diferencia estadística significativa en el comportamiento de la variable de pH, de cada una de las formulaciones, como se observa en la tabla 3-30, cada uno de los recubrimientos comparten un mismo grupo homogéneo ya que solo se presentan una columna de X.

3.6.7. Determinación del cambio en la concentración de sólidos solubles totales.

En esta prueba se determinaron los valores de las concentraciones de sólidos solubles totales, expresados en °Brix, de las muestras de fresas y moras, recubiertas y sin recubrir, con el fin de determinar si la aplicación de las 10 formulaciones tendría efecto en la respiración de las frutas retrasando la conversión de carbohidratos a CO₂ y agua, disminuyendo a la vez su tasa de deterioro.

Las mediciones se realizaron los días uno, seis y diez. Las muestras analizadas de cada formulación estaban compuestas por 4 fresas y 5 moras. Por medio de un refractómetro de ABBE se realizaron cinco mediciones (para mayor representatividad) de las muestras para cada uno de las formulaciones y la fruta sin recubrir en los días estipulados.

El procedimiento seguido para ambas frutas consistió en la selección de las muestras para cada formulación aplicada a cada fruta más las frutas sin recubrir. En el caso de las fresas se seleccionaron 4 muestras recubiertas con cada una de las formulaciones y 4 muestras sin recubrimiento, para las moras se seleccionaron 5 muestras recubiertas con cada una de las formulaciones y 5 muestras sin recubrir. Las muestras seleccionadas en cada uno de los casos fueron elegidas al azar con la única restricción de que no presentaran degradación excesiva o crecimiento de

hongos. La siguiente etapa consistió en triturar las muestras de cada fruta recubiertas y sin recubrir, para ello se utilizaron morteros y pistilos de porcelana. Las frutas trituradas fueron colocadas en recipientes individuales debidamente rotulados con el número de formulación que se había usado como recubrimiento de las frutas.

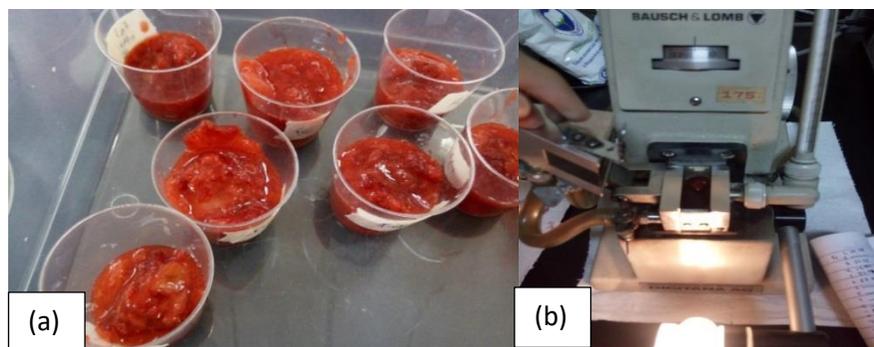


Figura 3-28. (a) Preparación de muestras, (b) determinación de °Brix.

Previamente a realizar las mediciones de °Brix cada muestra era homogenizada, las mediciones se realizaron colocando gotas del triturado de cada muestra sobre el prisma de refractómetro de ABBE. Los datos obtenidos de las mediciones de cada uno de los tres días fueron recopilados, tabulados y analizados.

3.6.7.1. Análisis de resultados.

A continuación, en la Tabla 3-31 y 3-32 se presentan los promedios de los datos obtenidos a lo largo del periodo de evaluación.

Tabla 3-31. Registro de promedios de °Brix en fresas.

Formulación	Día 1	Día 6	Día 10
F1	7.10	6.70	6.47
F2	6.00	6.00	6.43
F3	6.20	5.30	5.27
F4	7.17	5.60	5.43
F5	6.40	6.57	6.63

Continúa

Tabla 3-31. Registro de promedios de °Brix en fresas.

Formulación	Día 1	Día 6	Día 10
F6	6.83	6.33	6.20
F7	6.30	5.83	5.70
F8	7.07	6.23	6.23
F9	6.30	6.37	6.23
F10	7.03	6.90	6.77
SR	6.40	5.87	5.80

Tabla 3-32. Registro de promedios de °Brix en moras.

Formulación	Día 1	Día 6	Día 10
F1	5.23	5.03	5.03
F2	5.30	5.13	5.03
F3	5.37	5.13	5.07
F4	5.03	5.23	5.10
F5	5.47	5.20	5.10
F6	5.23	5.10	5.00
F7	5.30	4.93	4.97
F8	5.33	5.13	5.03
F9	5.17	5.43	5.03
F10	5.27	5.03	5.20
SR	5.07	4.93	4.97

Se realizó un análisis estadístico de los datos de las muestras de cada formulación de ambas frutas. El análisis estadístico realizado con ayuda de un software estadístico, específicamente con el procedimiento de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD), determinó que tanto en fresas como en moras existían diferencias significativas en los cambios de °Brix entre todas las muestras. En el caso de las fresas se observan cuatro grupos homogéneos en la Tabla 3-33 todas las formulaciones que comparten una misma columna de X tuvieron un comportamiento estadístico igual.

Tabla 3-33. Prueba de rangos múltiples para cambio de °Brix en fresas.

Formulación	Media	Grupos Homogéneos
F3	5.58889	X
F7	5.94444	XX
SR	6.02222	XX
F4	6.06667	XXX
F2	6.14444	XXX
F9	6.3	XXXX
F6	6.45556	XXX
F8	6.51111	XXX
F5	6.53333	XXX
F1	6.75556	XX
F10	6.9	X

Se observa en la Tabla 3-33 que las fresas recubiertas con las formulaciones: 9 (65% de almidón de Sorgo y 3 % P/V de glicerol), 6 (65% de almidón de Sorgo y 4.41 % P/V de glicerol), 8 (50% de almidón de Sorgo y 4 % P/V de glicerol), 5 (80% de almidón de Sorgo y 4 % P/V de glicerol) , 1 (86.21% de almidón de Sorgo y 3 % P/V de glicerol), 10 (50% de almidón de Sorgo y 2 % P/V de glicerol) tuvieron comportamientos diferentes a las frutas sin recubrimiento, las frutas recubiertas con la formulación número 10 (50% de almidón de Sorgo y 2 % P/V de glicerol) tuvieron el valor medio de °Brix más alto 6.9 comparado con el valor promedio de las frutas sin recubrimiento 6.02. Esto indica que las frutas recubiertas con la formulación 10 tuvieron una degradación de sólidos solubles significativamente menor a las frutas sin recubrimiento. Por otra parte, el análisis estadístico realizado a las mediciones de °Brix en las moras indica que hay dos grupos con comportamientos estadísticamente distintos entre sí, tal y como se observa en la tabla 3-34.

Tabla 3-34. Prueba de rangos múltiples para cambio de °brix en moras.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
SR	3	4.98889	X
F7	3	5.06667	XX
F1	3	5.1	XX
F6	3	5.11111	XX
F4	3	5.12222	XX
F2	3	5.15556	XX
F8	3	5.16667	XX
F10	3	5.16667	XX
F3	3	5.18889	XX
F9	3	5.21111	XX
F5	3	5.25556	X

La Tabla 3-34 indica que la única formulación que tuvo una diferencia estadística considerable en los valores de °Brix en relación a las moras sin recubrimiento, fue la formulación 5 con un valor promedio de °Brix de 5.25 comparado con el valor promedio de las moras sin recubrir de 4.98. Esto indica una menor degradación de sólidos disueltos en las moras recubiertas con la formulación 5.

3.6.8. Determinación del cambio de acidez titulable

Esta prueba se realiza con el objetivo de conocer si al aplicar las diferentes formulaciones el comportamiento de la acidez titulable podría variar, presentando cambios menores, en relación a la fruta no recubierta evidenciando así una ralentización del proceso de maduración o senescencia (envejecimiento de las células de los tejidos) de los frutos.

La determinación del cambio de acidez titulable a lo largo del tiempo se evaluó tanto en moras como en fresas recubiertas y no recubiertas, según la norma técnica colombiana “Productos de frutas y verduras. Determinación de acidez titulable”, donde luego de la maceración de la fruta, se colocaba a un baño maría a ebullición por media hora, posteriormente se llevaba a una solución de volumen de 250 mL,

para finalmente tomar el volumen gastado de NaOH al 0.1 N, al llegar a un pH de 8.1, utilizando un pHmetro, tal y como se muestra en la Figura 3-29, el resultado se presenta en % de ácido cítrico, para cada formulación se realizó 3 repeticiones, las mediciones se realizaron los días 0,1, 6, 10, en el caso de las fresas en cambio para las moras los días 0, 3, 5, 10, 13.



Figura 3-29. Toma del volumen para el cálculo de acidez titulable.

3.6.8.1. Análisis de resultados.

En las siguientes tablas se presenta el comportamiento promedio de la acidez a lo largo del tiempo de estudio, tanto para moras como para fresas.

Tabla 3-35. Registro de promedios de acidez titulable para fresas

Formulación	Día 0	Día 1	Día 6	Día 10
F1	0.76	0.90	1.25	0.97
F2	0.76	0.82	0.85	0.97
F3	0.76	0.96	1.06	1.08
F4	0.76	0.98	0.97	0.85
F5	0.76	0.94	0.95	0.92
F6	0.76	0.93	0.96	0.93
F7	0.76	0.90	0.84	0.87
F8	0.76	0.91	0.87	0.91

Continúa....

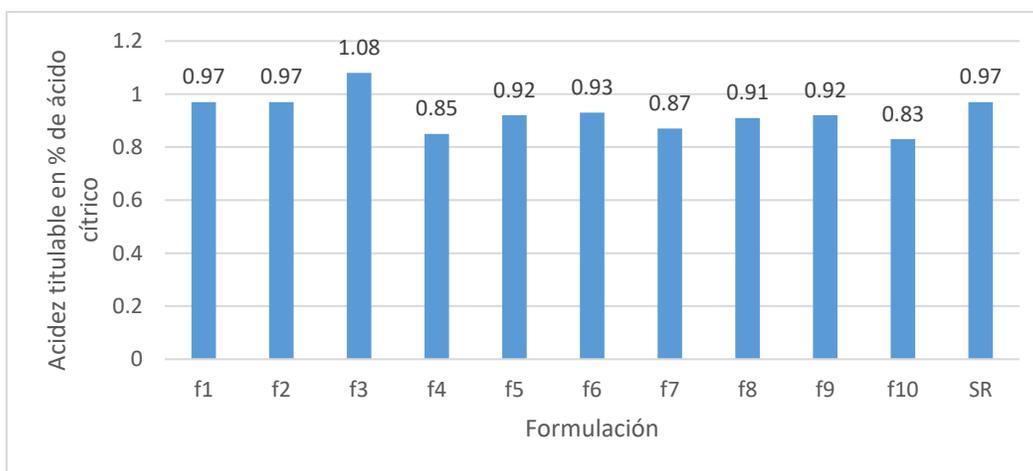
Tabla 3-35. Registro de promedios de acidez titulable para fresas

Formulación	Día 0	Día 1	Día 6	Día 10
F9	0.76	0.81	0.86	0.92
F10	0.76	0.80	0.77	0.83
SR	0.76	0.99	0.95	0.97

Tabla 3-36. Registro de promedios de acidez titulable para moras

	Día 0	Día 3	Día 6	Día 10	Día 13
F1	2.0027	1.72	1.68	1.76	1.52
F2	2.0027	1.84	1.84	1.12	1.46
F3	2.0027	1.89	1.85	1.70	1.62
F4	2.0027	1.78	1.83	1.64	1.18
F5	2.0027	2.02	1.82	1.64	1.44
F6	2.0027	1.79	1.80	1.73	1.46
F7	2.0027	1.84	1.82	1.58	1.48
F8	2.0027	1.63	1.88	1.63	1.73
F9	2.0027	1.85	1.77	1.86	1.79
F10	2.0027	1.75	1.80	1.70	1.63
SR	2.0027	1.79	1.78	1.73	1.41

Para una mejor visualización de la evaluación final de los datos de acidez se muestran las Figuras 3-30 y 3-31.

**Figura 3-30.** Gráfico de acidez titulable, % de ácido cítrico, día final en fresas.

El valor inicial de acidez titulable en fresas fue de 0.76 % de ácido cítrico, a lo largo del periodo de evaluación el valor fue aumentando, sin embargo los cambios presentados variaron según la formulación aplicada, la mayoría de formulaciones mostraron datos menores o iguales al reportado por las fresas no recubiertas para el día final, la formulación 10, compuesta por 50% de almidón de Sorgo y 2% P/V de glicerol tuvo el menor valor de % de ácido cítrico para el día final de evaluación 0.83% en relación al valor final de acidez titulable de las frutas no recubiertas 0.97% de ácido cítrico, es decir que la aplicación de la formulación 10, permitió el retraso del proceso de degradación de las fresas, obteniendo datos menos de acidez titulable.

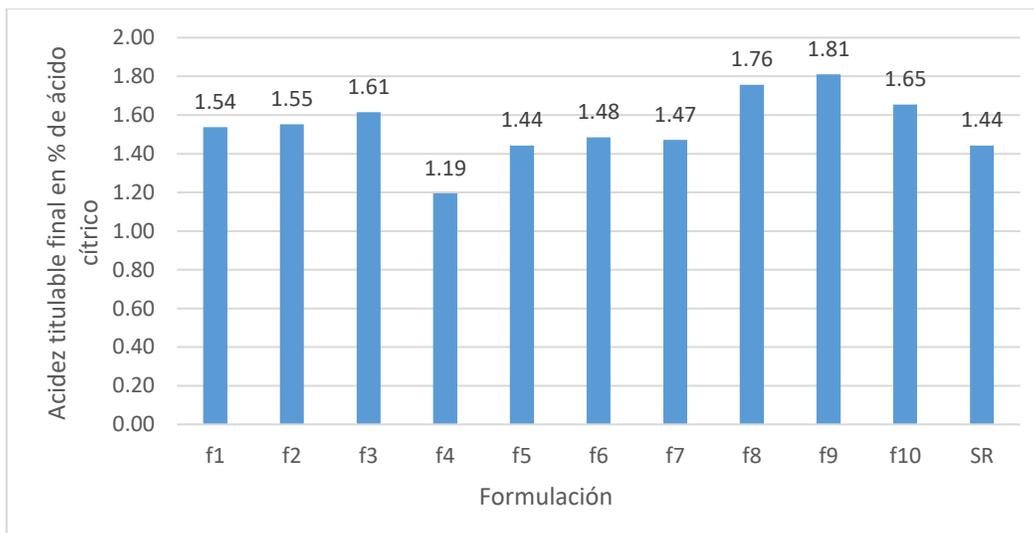


Figura 3-31. Gráfico de acidez titulable, % de ácido cítrico, día final en moras.

En el caso de las moras, el valor de acidez inicial fue de 2.00% de ácido cítrico, con el paso del tiempo los valores disminuyeron evidenciando así el proceso de maduración de los frutos, sin embargo, las formulaciones 9 (65% de almidón de Sorgo y 3 % P/V de glicerol), 8 (50% de almidón de Sorgo y 4 % P/V de glicerol) y 10 (50% de almidón de Sorgo y 2 % P/V de glicerol), mostraron retrasar este proceso, como se observa en la Figura 3-31 presentando valores mayores que, el de moras no recubiertas de 1.44 % de ácido cítrico para el día 13 de evaluación.

Tabla 3-37. Prueba de rangos múltiples para cambio de acidez titulable en fresas.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F10	10	0.795929	X
F9	10	0.823467	XX
F2	10	0.827215	XXX
F7	10	0.851452	XXX
F8	10	0.871773	XXXX
F4	10	0.893822	XXXX
F5	10	0.898861	XXXX
F6	10	0.902062	XXX
SR	10	0.930455	XXX
F1	10	0.964459	XX
F3	10	0.978529	X

Como se muestra en la Tabla 3-37, el comportamiento de la acidez titulable en fresas sí presenta una diferencia estadística significativa, ya que según la alineación de X, existen 6 grupos homogéneos compartidos por las distintas formulaciones.

Tabla 3-38. Prueba de rangos múltiples para cambio de acidez titulable en moras.

Formulación	Casos	Media	Grupos Homogéneos
F4	15	1.682	X
F1	15	1.72933	XX
F7	15	1.73467	XX
SR	15	1.74	XX
F6	15	1.752	XX
F8	15	1.76933	XX
F2	15	1.774	XX
F10	15	1.77667	XX
F5	15	1.77933	XX
F3	15	1.802	XX
F9	15	1.84933	X

En el caso del comportamiento de la acidez titulable en moras, según el análisis estadístico, no existe una diferencia significativa, entre la mayoría de las formulaciones, ya que comparten los mismos grupos homogéneos, solamente existe una diferencia estadísticamente significativa entre la formulación 4 y la formulación 9.

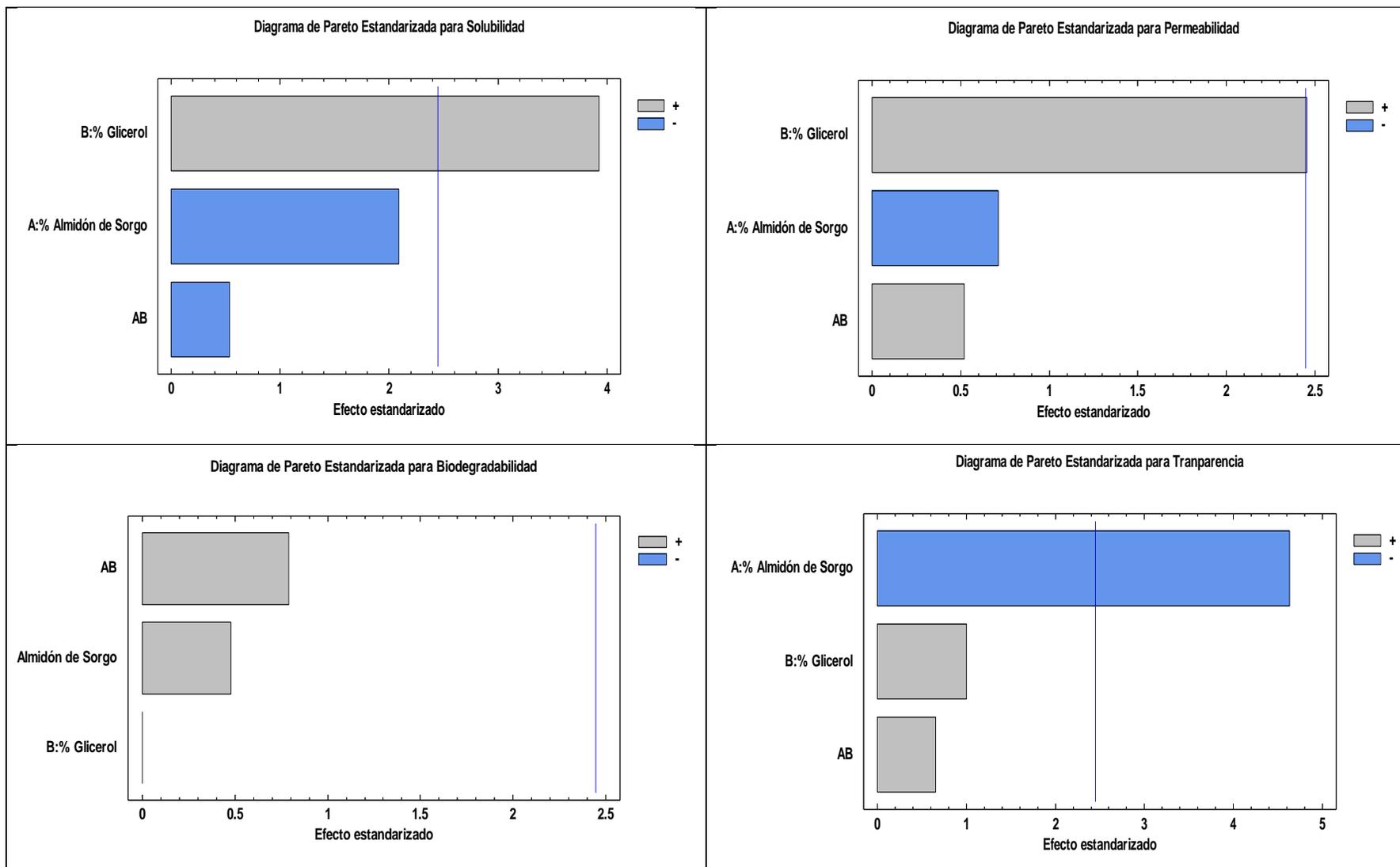
3.7. Análisis de diseño de experimentos

En este apartado, se analiza la influencia que tiene la variación de los niveles de los factores en las variables respuestas definidas en el diseño experimental con el objetivo de determinar la importancia que tienen los factores en el comportamiento de cada variable. Haciendo uso del asistente de diseño de experimento de un software de análisis estadístico especializado se analizaron los valores de las variables respuestas obtenidos durante la etapa de experimentación, el software medio de la prueba estadística ANOVA divide cada una de las variables respuestas y compara su promedio estadístico con cada uno de los factores para encontrar algún efecto estadístico entre las variables respuestas y los factores análisis para determinar qué efectos son estadísticamente significativos y cuál es su orden de significancia, y para conocer el cambio estimado en las variables respuestas cuando cada uno de los factores se mueve de su nivel bajo a su nivel alto.

Los diagramas de Pareto estandarizados de las variables respuestas evaluadas en las biopelículas y recubrimiento (Transparencia), presentados en la Tabla 3-39 indican que el factor “Porcentaje de glicerol” tiene un efecto estadísticamente significativo en las variables respuestas de solubilidad en agua y permeabilidad al vapor de agua, cuando el porcentaje de glicerol aumenta también aumenta el porcentaje de materia soluble en agua y el valor de permeabilidad al vapor de agua; por otra parte el factor “Porcentaje de almidón de Sorgo” incide significativamente en la transparencia del recubrimiento, si este factor es aumentado los recubrimientos son opacos y presentan valores de transmitancia menores (Las barras que se encuentra fuera de las líneas verticales son estadísticamente significativas).

En el caso de la variable respuesta de biodegradabilidad, no existe un factor que presente un efecto estadísticamente significativo, pero el efecto con mayor significancia es la interacción existente entre el porcentaje de glicerol y el porcentaje de almidón de Sorgo.

Tabla 3-39. Diagramas de Pareto para las variables evaluadas en las formulaciones en forma de biopelícula y recubrimiento.



Al analizar las variables respuesta de las formulaciones aplicadas en fresas, solamente el factor "Porcentaje de glicerol" tuvo un efecto estadísticamente significativo en la variable de porcentaje de acidez titulable tal como se muestra en (d) de la Tabla 3-40, donde la barra representando este factor está fuera de la línea vertical, al emplear porcentajes altos de glicerol, aumentan los valores de % de ácido cítrico es decir que no se logra retrasar el proceso de degradación de las fresas, en el caso de las variables respuesta de Ph y ° Brix ((b) y (c)), la interacción ente el "Porcentaje de almidón de Sorgo" y el "Porcentaje de glicerol" tiene mayor significancia en su comportamiento, en cambio la variable respuesta de cambio de peso (a) es afectada más significativamente por el factor "porcentaje de glicerol".

En los diagramas de Pareto estandarizado para la evaluación de las variables respuesta en moras, mostrados en la Tabla 3-41, se observa que ninguno de los factores evaluados presenta un efecto estadísticamente significativo, ya que ninguna barra se encuentra fuera de las barras verticales; el factor "Porcentaje de glicerol" presentó mayor significancia en el comportamiento de la variables de acidez titulable y cambio de peso; en el caso de ° Brix, tuvo mayor efecto la interacción entre ambos factores "Porcentaje de glicerol" y "Porcentaje de almidón de Sorgo"; en el comportamiento de los valores de pH, presentó mayor efecto el factor de "Porcentaje de almidón de Sorgo".

Tabla 3-40. Diagramas de Pareto para las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en fresas.

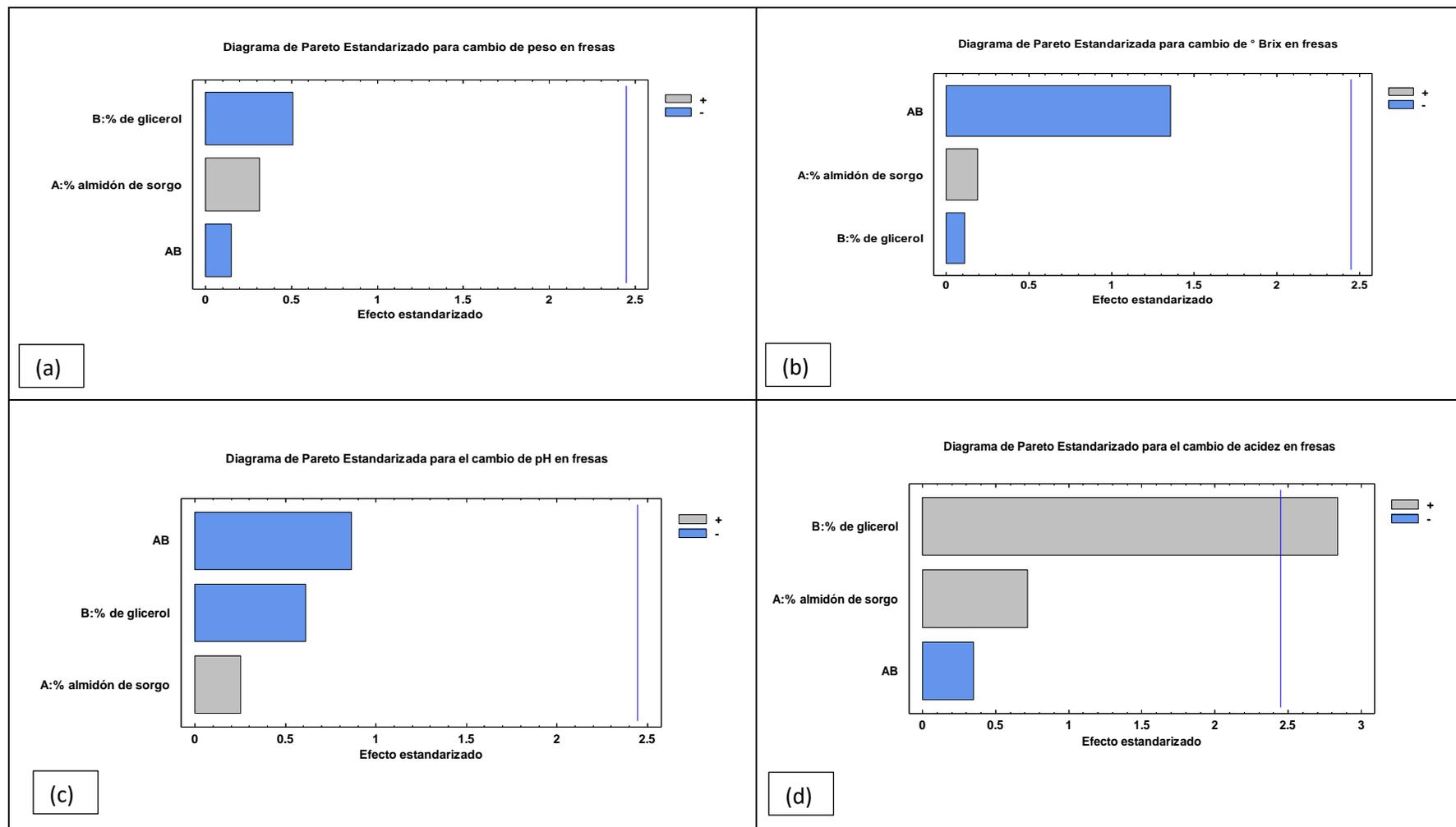
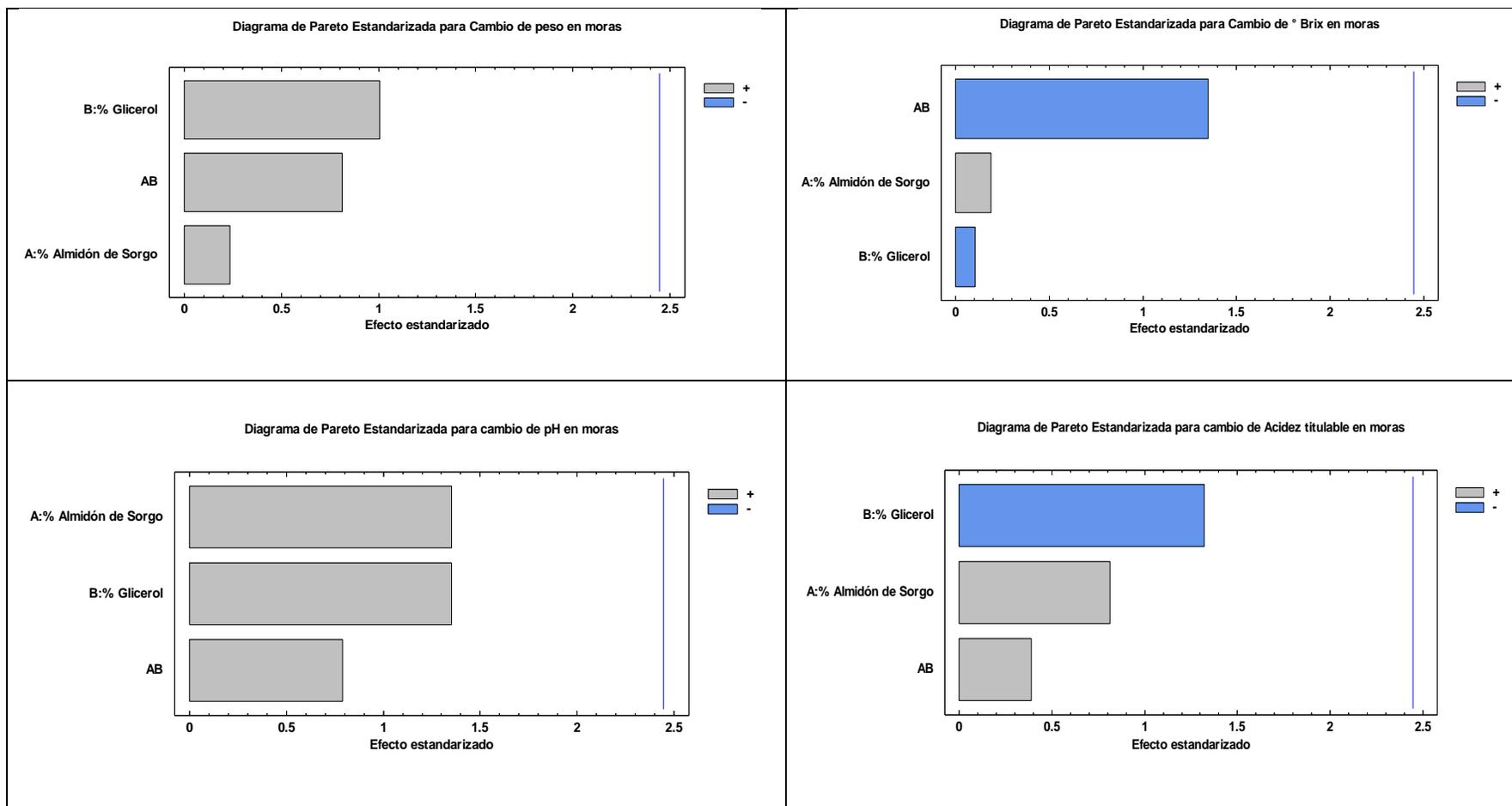


Tabla 3-41. Diagramas de Pareto para las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en moras.



Además de los diagramas de Pareto estandarizado, también se presentan los gráficos de efectos estandarizados donde se puede observar el comportamiento de las variables respuestas varía según el cambio de los factores en sus niveles alto y bajo.

En la Tabla 3-42 se presentan los gráficos de efecto de las variables evaluadas a la biopelícula y recubrimiento líquido, el comportamiento del parámetro de biodegradabilidad (e) solamente se ve influenciado por el factor “Porcentaje de almidón de Sorgo”, el aumento de éste se traduce como un aumento en el periodo de biodegradabilidad de las biopelículas; los valores de transparencia (f) son afectados por ambos factores, con mayor significancia por el factor “Porcentaje de almidón de Sorgo”, si este incrementa, el valor de transparencia disminuye; el comportamiento de las variables respuesta de permeabilidad al vapor de agua y solubilidad al agua, son influenciadas principalmente por el factor “Porcentaje de glicerol”, cuando este se encuentra en su nivel alto los valores de permeabilidad al vapor de agua y solubilidad al agua también aumentan.

Como se observa en la Tabla 4-43, al aumentar el factor de “Porcentaje de almidón de Sorgo”, aumentan con mayor significancia los cambios en las variables de °Brix (k) y pérdida de peso (i) siendo menor en acidez titulable (l) y pH (j), es decir que no se logra retrasar los procesos de maduración o degradación de las fresas; en cambio, en las variables de acidez titulable (l) y pH (j) incide con mayor significancia el factor “Porcentaje de glicerol”, cuando este se encuentra en su nivel alto lo cambios en acidez titulable aumentan y los cambios en pH disminuyen.

En la Tabla 4-44, al igual que en fresas, el aumento del factor “Porcentaje de almidón de Sorgo” incide en el aumento del cambio de todas las variables respuesta (m), (n), (o), (p), siendo más significativo en los valores de pH y °Brix; en su nivel alto el factor “Porcentaje de glicerol”, permite mayores cambios en las variables de pH y cambio de peso, caso contrario de las respuestas acidez y °Brix las cuales presentan menores cambios.

Tabla 3-42. Gráficos de efectos principales de las variables evaluadas en las formulaciones en forma de biopelícula y recubrimiento.

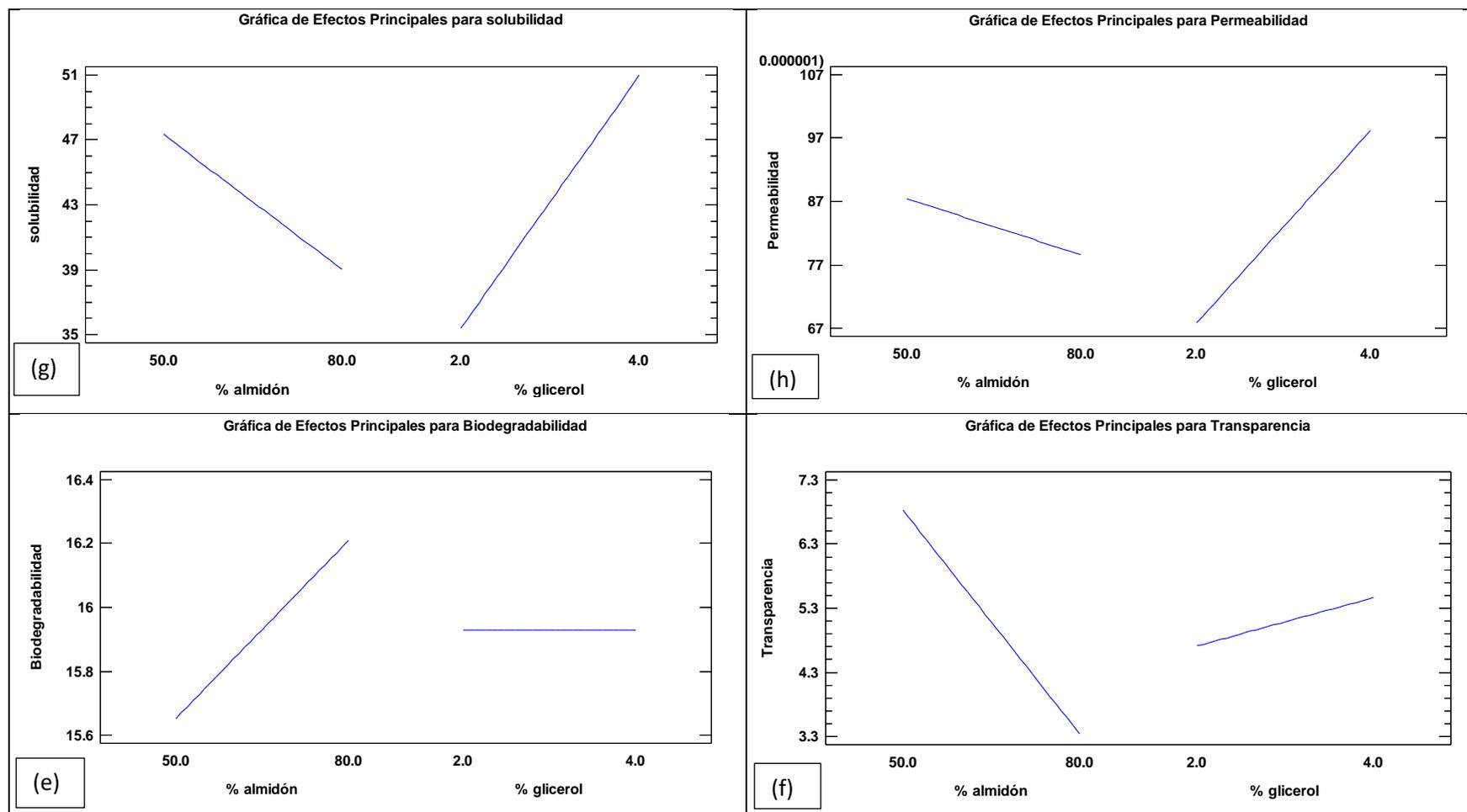


Tabla 3-43. Gráficos de efectos principales de las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en fresas.

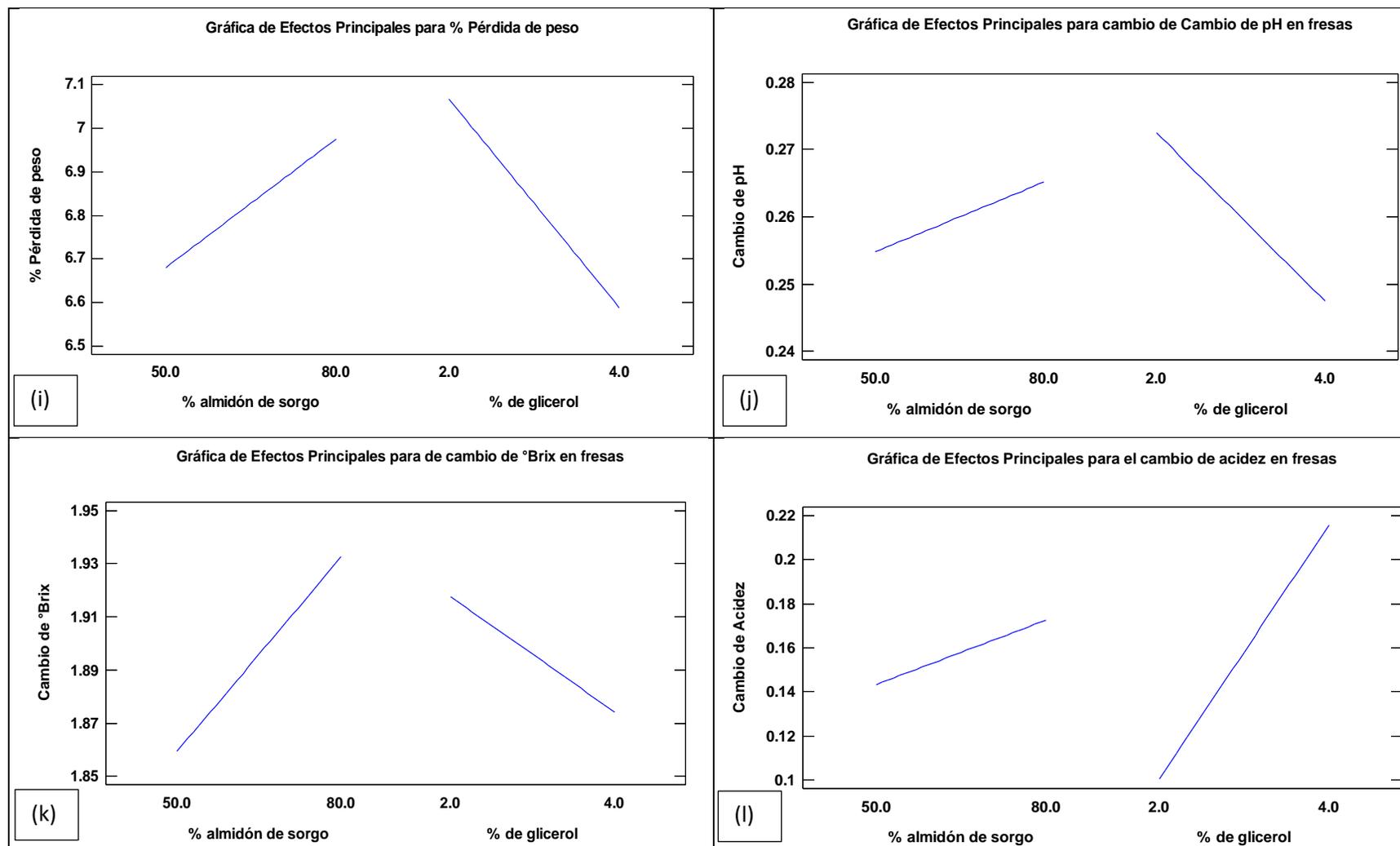
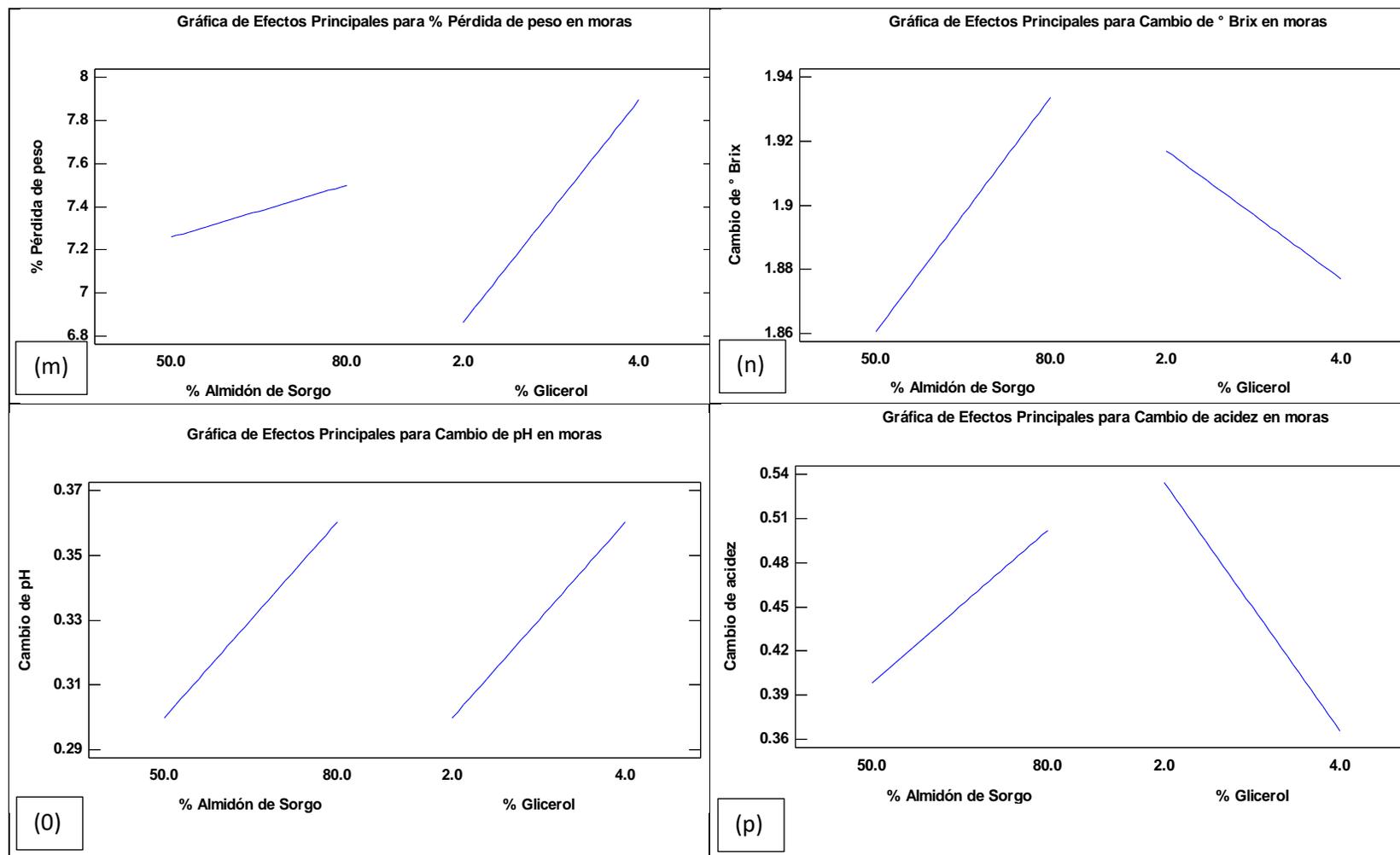


Tabla 3-44. Gráficos de efectos principales de las variables evaluadas en la aplicación del recubrimiento en moras



3.8. Evaluación y selección de la formulación final

Luego de obtener los datos de cada una de las variables respuestas, tanto las evaluadas a recubrimiento comestible aplicado en frutas, como en forma de biopelícula comestible, se decide elaborar un sistema de calificación, para seleccionar la formulación que presentó un mejor comportamiento, incluyendo todos los parámetros medidos y la apariencia de la fruta, para lo cual se asignó una ponderación a cada variable.

Como se muestra en la Tabla 3-45 se evaluaron 9 criterios en el comportamiento de cada una de las formulaciones, los porcentajes variaron de 15% a 5%. Debido a que la presente investigación tiene como fin la aplicación de las formulaciones como recubrimiento comestible en frutas, se decide colocar mayor ponderación a aquellos parámetros que inciden más en las características organolépticas de las frutas recubiertas a lo largo del tiempo según las pruebas previamente realizadas. Por lo tanto, se coloca 15% a las variables de: Pérdida de peso, acidez titulable, °Brix, permeabilidad de agua, y apariencia, incidente en la aceptabilidad del producto.

Tabla 3-45. Descripción y asignación de ponderación a los criterios relevantes para la selección de la mejor formulación.

CRITERIO	IMPORTANCIA	INDICADOR	%
Pérdida de peso	La pérdida de peso en frutas está directamente relacionada con el deterioro de las propiedades organolépticas de las mismas. Todos los productos Hortofrutícolas frescos tienen un alto contenido de agua, y por lo cual están sujetos a la deshidratación y daños mecánicos (Kader, 2002)	% perdida de humedad en un tiempo determinado.	15%
Cambio de °Brix	En el proceso de respiración las reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas, grasas) son degradadas a productos más simples. Los cambios en carbohidratos a causa de la respiración incluyen la conversión de azúcares a CO ₂ y agua. La tasa de deterioro de pro-	Cambio en el valor medido de °Brix en un tiempo determinado.	15%

Continúa...

Tabla 3-45. Descripción y asignación de ponderación a los criterios relevantes para la selección de la mejor formulación.

CRITERIO	IMPORTANCIA	INDICADOR	%
Cambio de °Brix	ductos cosechados es generalmente proporcional a la tasa respiratoria. Las fresas están clasificadas como productos con una tasa de respiración alta. (Kader, 2002)		15%
Acidez titulable	La acidez titulable representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres en la fruta, y está relacionada al índice de madurez de la fruta, a medida la acidez titulable desciende los sólidos solubles totales (°Brix) aumentan hasta llegar al punto de madurez óptimo. (Avigdori, 1986)	% de acidez titulable	15%
Permeabilidad al vapor de agua	Los recubrimientos comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir provocadas por defectos en las propiedades de barrera. En la mayoría de los casos, la efectividad del recubrimiento cuando se aplica a frutas y hortalizas depende, fundamentalmente, de un control efectivo de la permeabilidad al vapor de agua. (Pastor Navarro, 2010)	Gramos de vapor de agua, que atraviesan una superficie en un tiempo determinado	15%
Apariencia	La apariencia en la calidad de frutas es la primera impresión que el consumidor recibe y el componente más importante para la aceptación y eventualmente la compra. Distintos estudios indican que casi el 40 por ciento de los consumidores toma la decisión de compra en el interior del supermercado. Tamaño, forma, color, madurez, son componentes que forman parte de la apariencia. (FAO, 2003).		15%

Continúa...

Tabla 3-45. Descripción y asignación de ponderación a los criterios relevantes para la selección de la mejor formulación.

CRITERIO	IMPORTANCIA	INDICADOR	%
Solubilidad	El comportamiento de la biopelícula ante la presencia de agua, determina su aplicación, un porcentaje de solubilidad bajo es ideal cuando se desea limitar el exudado durante el almacenamiento de productos frescos (Márquez Hernandez, 2010).	% de materia soluble	10%
Transparencia	Generalmente el primer juicio sobre la calidad de un alimento depende de sus características organolépticas, el color en particular es un importante atributo sensorial. La transparencia es una de las propiedades ópticas más importantes para evaluar el impacto directo sobre la apreciación del color y el aspecto de los productos recubiertos. La transparencia se cuantifica como transmitancia haciendo uso de espectrofotómetro. Las películas de almidón puro tienden a ser transparentes e incoloras. (Miramont, 2012)	% de transmitancia de muestras de recubrimiento.	5%
Biodegradabilidad	La biodegradabilidad indica el grado de desintegración física de las biopelículas desarrolladas, de forma que se pueda constatar su contribución a un menor impacto medioambiental	Tiempo de desintegración física	5%
pH	El pH es utilizado como indicador del contenido de ácido que existe en una fruta, referente a los iones hidrogeno (H^+) presentes. Los iones H^+ desempeñan un papel importante; estos hacen parte de la formación de sustratos como la sacarosa y la glucosa, y hacen que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de la maduración, por lo que el pH se ve ligeramente aumentado (Marschner, 2002)	Valor de pH obtenido en un tiempo determinado	5%

Para seleccionar aquellas formulaciones que tuvieron comportamientos generales más favorables para ser aplicadas como recubrimientos, en fresas y en moras. Se hizo uso de un sistema de puntaje, en el cual se asignó el mayor valor (3) a la formulación cuya aplicación en fresas o en moras significó un mejor comportamiento en un parámetro en particular. Mientras que se asignó el valor más bajo (0) a la formulación cuya aplicación en fresas o en moras no tuvo un impacto positivo significativo en el comportamiento de un parámetro en particular. Por ejemplo, en el parámetro “cambio de °Brix”, se eligió para ambas frutas la formulación cuya aplicación disminuyó la pérdida de °Brix a esta se le asignó la mejor nota posible que correspondía a 3 puntos. A la formulación con la cual la degradación de °Brix fue mayor, la nota asignada fue de 0. Las notas de las demás formulaciones se obtuvieron interpolando entre los valores de 3 y 0 correspondientes a las formulaciones con mejor y peor comportamiento en pérdida de °Brix; luego de obtenidas las notas, se multiplicó cada una de éstas por el porcentaje asignado por variable, el cual se detalla en la Tabla 3-45 y sumando los resultados se obtuvieron las calificaciones para cada una de las variables respuestas.

A continuación, se presenta la evaluación para el comportamiento de las 10 formulaciones en ambas frutas, colocando el valor de la multiplicación entre la nota asignada por parámetro y el % de importancia del mismo y el puntaje final asignado para cada formulación.

En el caso de la evaluación del comportamiento de las distintas formulaciones aplicadas en fresas más el comportamiento de los parámetros evaluados en las biopelículas, según la Tabla 3-46 la formulación que fue mejor evaluada de manera general fue la formulación 10 con un puntaje de 2.554 seguida de la formulación 7 con un puntaje de 1.979.

Tabla 3-46. Evaluación de las 10 formulaciones en fresas.

Análisis FRESAS										
	Permeabilidad	Pérdida de peso	Brix	pH	Acidez titulable	Biodegradabilidad	Solubilidad	Transparencia	Apariencia	TOTAL
F1	0.347	0.327	0.36	0	0.198	0.000	0.200	0.000	0.200	1.632
F2	0.365	0.389	0.35	0	0.198	0.091	0.147	0.031	0.275	1.845
F3	0.146	0.170	0	0.15	0	0.000	0.000	0.037	0.450	0.952
F4	0.45	0.000	0.05	0.15	0.414	0.000	0.293	0.006	0.300	1.663
F5	0.045	0.392	0.41	0.15	0.288	0.045	0.201	0.052	0.250	1.833
F6	0	0.351	0.28	0.15	0.27	0.070	0.081	0.150	0.325	1.676
F7	0.428	0.371	0.13	0	0.378	0.091	0.300	0.006	0.275	1.979
F8	0.223	0.423	0.29	0	0.306	0.080	0.072	0.138	0.375	1.907
F9	0.064	0.286	0.29	0	0.288	0.150	0.056	0.055	0.200	1.388
F10	0.448	0.450	0.45	0	0.45	0.035	0.236	0.135	0.350	2.554

En la evaluación del comportamiento de las distintas formulaciones aplicadas en moras más el comportamiento de los parámetros evaluados en las biopelículas, se observa en la tabla 3-47 que al igual que en fresas la formulación que fue mejor calificada de manera general fue la formulación 10 con un puntaje de 2.166 seguida de la formulación 7 con un puntaje de 1.917.

Tabla 3-47. Evaluación de las 10 formulaciones en moras

Análisis MORAS										
	Permeabilidad	Pérdida de peso	Brix	pH	Acidez titulable	Biodegradabilidad	Solubilidad	Transparencia	Apariencia	TOTAL
F1	0.347	0.306	0.129	0	0.254	0.000	0.200	0.000	0.400	1.636
F2	0.365	0.000	0.129	0	0.261	0.091	0.147	0.031	0.350	1.373
F3	0.146	0.116	0.193	0	0.305	0.000	0.000	0.037	0.300	1.096
F4	0.45	0.299	0.257	0.075	0.000	0.000	0.293	0.006	0.375	1.755
F5	0.045	0.197	0.257	0	0.181	0.045	0.201	0.052	0.250	1.230
F6	0	0.450	0.064	0.075	0.210	0.070	0.081	0.150	0.250	1.351
F7	0.428	0.389	0.000	0.075	0.203	0.091	0.300	0.006	0.425	1.917
F8	0.223	0.169	0.129	0.075	0.414	0.080	0.072	0.138	0.000	1.299
F9	0.064	0.230	0.129	0.15	0.450	0.150	0.056	0.055	0.300	1.583
F10	0.448	0.128	0.450	0.075	0.334	0.035	0.236	0.135	0.325	2.166

CAPITULO IV. ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL Y ANÁLISIS SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de vida de anaquel para muestras de fresas y moras sin recubrir y recubiertas con la formulación 10 (50% almidón de Sorgo, 50% de almidón de Yuca, 2% P/V de glicerol y 0.1% P/V de sorbato de Potasio), que fue la que presentó mejor comportamiento, no solo al ser aplicada en la fruta, sino también en forma de biopelícula. Además, se presenta el análisis estadístico de la evaluación de aceptabilidad de moras y fresas recubiertas con respecto a frutas sin recubrimiento.

4.1. Prueba preliminar de vida de anaquel.

Inicialmente, se realizó una prueba preliminar, donde se estableció un periodo de tiempo bibliográficamente, según García, Matino, y Zaritzky (2001) la vida de anaquel de fresas recubiertas a partir de almidón compuesto y almacenadas en refrigeración, podría extenderse a 14 días de almacenamiento, tomando en cuenta las condiciones de experimentación y lo anteriormente mencionado, se decidió procesar muestra para evaluar en un período de 14 días aproximadamente y para moras, ya que según Pérez Gallardo, y otros (2015) moras tratadas con recubrimientos a base de almidón de yuca modificado, extendieron su vida de anaquel en 16 días se decidió establecer un periodo de máximo de 17 días.

Para la evaluación y determinación del periodo de vida de anaquel tanto para fruta no recubierta como recubierta, se estudiaron los parámetros de pH, °Brix, acidez titulable y pérdida de peso a lo largo del periodo de tiempo establecido, manteniendo una medición constante en los últimos días.

Además de la caracterización fisicoquímica de la fruta, también se llevó a cabo un análisis sensorial, donde según los juicios de 8 panelistas se evaluó la fruta a través del tiempo, a partir de la escala hedónica de 5 puntos que se muestra en la Tabla 4-1, los atributos evaluados fueron olor, sabor, color, textura y apariencia, además

se cuestionó al panelista sí adquiriría el producto en el tiempo transcurrido. Ver Anexo H1, para observar el instrumento de evaluación sensorial.

Tabla 4-1. Escala hedónica de 5 puntos, empleada en el análisis sensorial.

1	2	3	4	5
Me desagrada mucho	Me desagrada levemente	No me agrada, ni me desagrada	Me agrada levemente	Me agrada mucho

La selección de la muestra fue un factor importante para la realización del estudio de vida de anaquel, las fresas y las moras evaluadas fueron adquiridas en supermercados, asegurando así su frescura, se evitó tomar de muestra frutos con golpes, rozaduras, pudrición y hongo, así como frutos con falta de madurez o con un estado de madurez muy avanzado.

En cuanto al acondicionamiento de fresas y moras, se realizó exactamente como en la prueba anterior donde, luego de la selección de frutos sanos, frescos y uniformes, en términos de la maduración, luego, se procedió a realizar el lavado de la fruta, desinfección (Desinfectante a base de Yodo), se recubrió la fruta con la formulación seleccionada, y finalmente se realizó el secado, para el caso de la muestra recubierta. Las condiciones promedio de almacenamiento fueron de: 2.7 °C y 29% de humedad relativa.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y la comparación de los parámetros evaluados a lo largo del tiempo, estableciendo si existe una diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento de éstos, tanto para la fruta recubierta como en la no recubierta. Utilizando un software especializado en análisis estadístico se obtendrá un resumen estadístico y a través de los parámetros de sesgo y curtosis estandarizado se asegurará la normalidad de la distribución de las poblaciones de datos, para finalmente poder realizar una prueba “t” de comparación de medias, la cual consiste en rechazar o aceptar la hipótesis nula que establece que las medias de los datos obtenidos de la medición de frutas con

recubrimiento son iguales a las medias de los datos obtenidos al medir la fruta sin recubrir.

4.2. Evaluación de parámetros de control de calidad (Prueba preliminar)

4.2.1. Pérdida de Peso

Tanto para las muestras recubiertas, como para las no recubiertas se seleccionaron alrededor de 15 unidades de fruta y se pesaron por el periodo de tiempo establecido, iniciando el día en el que se recubrió la fruta.

En la Tabla 4-2 y Tabla 4-3 se presentan los datos promedio de pérdida de peso en el caso de fresas y moras, recubiertas y no recubiertas (Véase forma de cálculo en Anexo D.4.), en un plazo de 10 días para fresas no recubiertas, 14 días tanto para fresas recubiertas y moras no recubiertas y 17 días en el caso de moras recubiertas.

Tabla 4-2. Porcentajes promedios de pérdida de peso en fresas

Fruta	Día 1	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 10	Día 12	Día 13	Día 14
Fresa con recubrimiento	0.8513	1.3894	1.4818	1.8620	2.2048	2.3858	3.1115	3.4903	4.1628	4.6117
Fresa sin recubrimiento	0.6074	1.3614	1.5745	1.9278	2.2362	2.4139	3.2318			

Tabla 4-3. Porcentajes promedios de pérdida de peso en moras

Fruta	Día 1	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17
Mora con recubrimiento	0.5252	0.9416	2.8632	3.0842	3.4356	4.0759	4.5585	5.4094	5.8912	6.5163
Mora sin recubrimiento	0.6309	1.1701	1.9634	2.5291	3.0015	3.3979	4.1639			

En la Figura 4.1 se puede observar con mayor detalle el comportamiento del porcentaje de pérdida de peso en fresas, donde, al inicio es menor en la fruta no recubierta, pero conforme pasa el tiempo la pérdida de peso es menor en la fresa recubierta, para el día 10 en el caso de las fresas no recubiertas se presentó una pérdida de peso de: 3.23% y en la fresas recubiertas un porcentaje de: 3.11%.

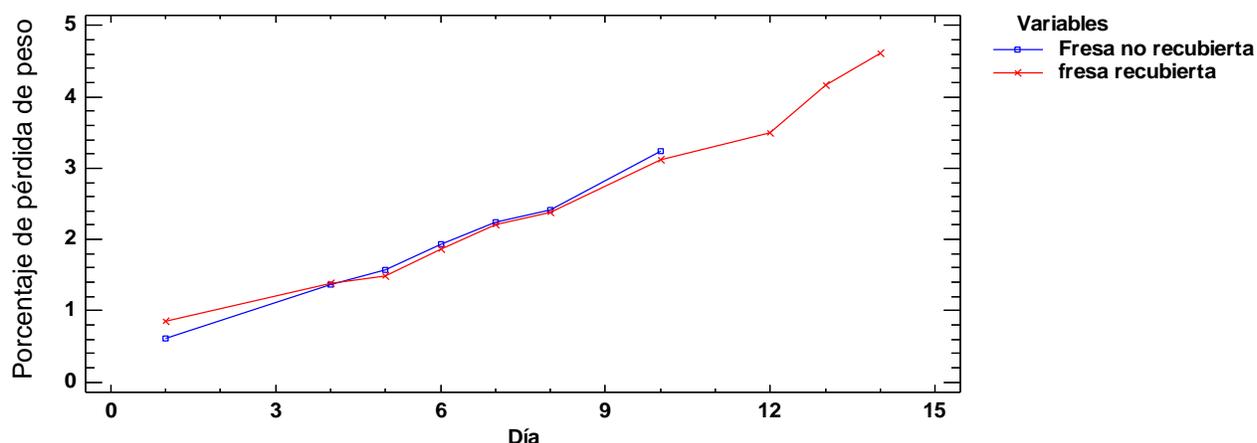


Figura 4-1. Gráfico de porcentaje de pérdida de peso en fresas, prueba preliminar de vida de anaquel.

El comportamiento de las moras en la variable de pérdida de peso, resultó ser al contrario que en fresas, ya que como se observa en la figura 4-2, al inicio del almacenamiento, hubo menor porcentaje de pérdida de peso para las moras recubiertas que para las moras sin recubrimiento, sin embargo, desde el día 7 sucedió lo contrario, ya que, el porcentaje de pérdida de peso resultó mayor en la fruta recubierta, lo cual también se reflejó en prueba anterior de selección de mejor formulación, donde las moras recubiertas con la formulación 10 perdieron más peso que las moras sin recubrimiento. Para el día 14 de almacenamiento, hubo una pérdida de peso de 4.16% para las moras no recubiertas y de 4.56% para las moras recubiertas.

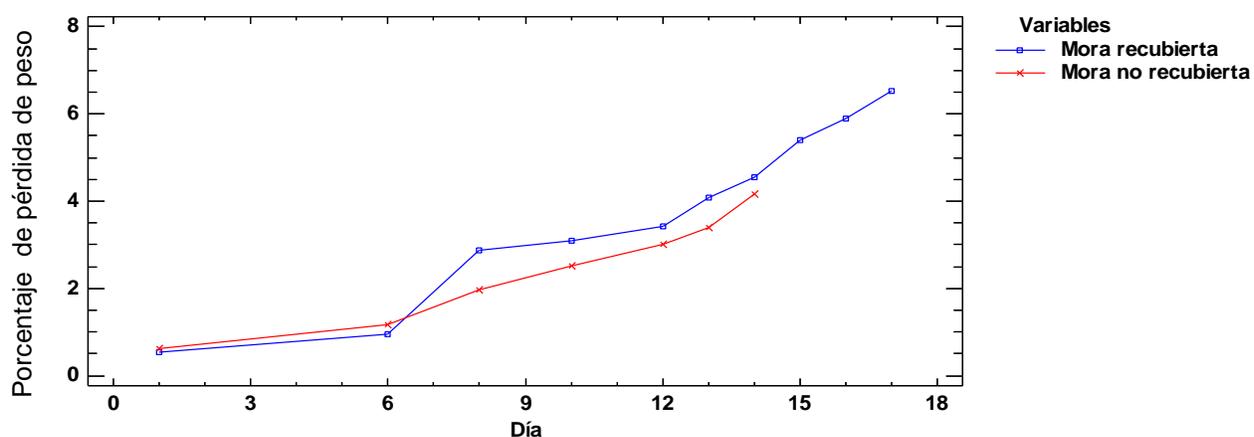


Figura 4-2. Gráfico de pérdida de peso en moras, prueba preliminar de vida de anaquel.

4.2.1.1. Análisis estadístico del porcentaje pérdida de peso

Para comparar estadísticamente el porcentaje de pérdida de peso tanto para fresas y moras recubiertas como no recubiertas, será necesario identificar si los datos obtenidos se distribuyen normalmente para lo cual se calculará un resumen estadístico el cual se muestra a continuación para ambos tipos de fruta.

Tabla 4-4. Resumen estadístico para porcentaje de pérdida de peso en fresas con y sin recubrimiento.

	<i>Fresa no recubierta</i>	<i>Fresa recubierta</i>
Recuento	7	10
Promedio	1.90757	2.55514
Desviación Estándar	0.838455	1.24918
Coeficiente de Variación	43.9541%	48.8888%
Mínimo	0.6074	0.8513
Máximo	3.2318	4.6117
Rango	2.6244	3.7604
Sesgo estandarizado	0.0383553	0.523882
Curtosis estandarizada	0.200166	-0.644227

Tabla 4-5. Resumen estadístico para porcentaje de pérdida de peso en moras con y sin recubrimiento.

	<i>Mora no recubierta</i>	<i>Mora recubierta</i>
Recuento	7	10
Promedio	2.40811	3.73011
Desviación Estándar	1.2462	1.98219
Coeficiente de Variación	51.7502%	53.1402%
Mínimo	0.6309	0.5252
Máximo	4.1639	6.5163
Rango	3.533	5.9911
Sesgo Estandarizado	-0.130959	-0.425489
Curtosis Estandarizada	-0.517995	-0.453603

Tal como se observa en la Tabla 4-4 y Tabla 4-5, el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada de los datos de porcentaje de pérdida de peso de moras y fresas recubiertas y no recubiertas se encuentran entre los valores de -2 y 2, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal y es aplicable la prueba “t” de comparación de medias.

El resultado de la prueba “t” de comparación de medias indicará si existe una diferencia significativa entre las medias de ambos grupos de datos; en el caso de fresas el valor de p es de 0.252192, ya que no es un valor menor a 0.05, se concluye que no hay diferencia entre los valores de porcentaje de pérdida de peso en fresas recubiertas y no recubiertas. Para las moras recubiertas y no recubiertas se obtuvo un de p de 0.140947, al igual que en fresas, no existe una diferencia significativa entre las medias de ambas poblaciones, con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, en el comportamiento de fresas se puede observar que el recubrimiento modificó la migración de la humedad ya que presentó un valor menor de pérdida de peso, en el último día de evaluación.

4.2.2. Acidez titulable

La medición de acidez titulable se realizó inicialmente con intervalos espaciados de tiempo de 4 y 2 días y posteriormente con mediciones más constantes, siempre sujetos a la disponibilidad del lugar donde se realizó parte de la experimentación.

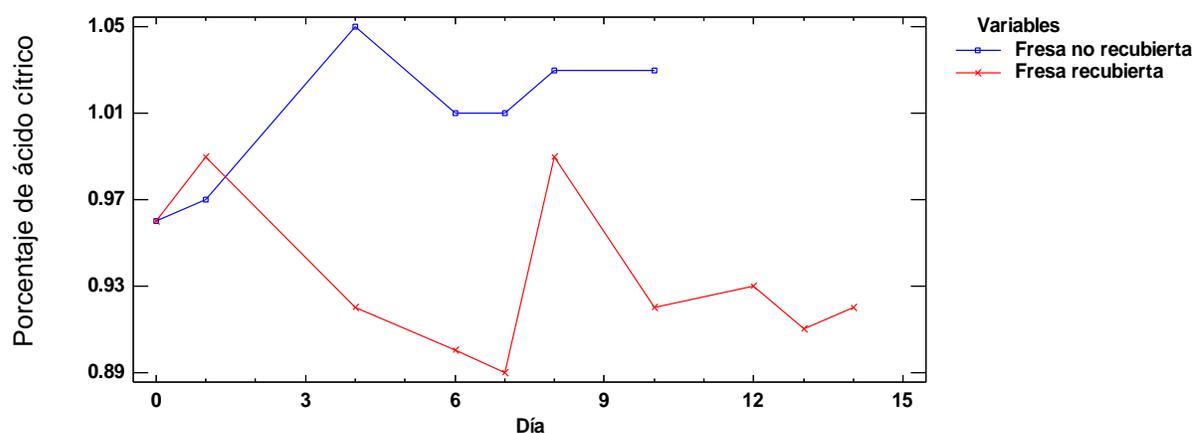
En el caso de las fresas sin recubrimiento los días en que se realizó análisis fueron: 0, 1, 4, 6, 7, 8, 10, y para las que tenían aplicado el recubrimiento se agregaron los días 12,13, 14. En el caso de las moras se evaluó los días, 0, 1, 5, 7, 9, 12, 14 para frutos no recubiertos y agregando los días 16 y 17 para los frutos recubiertos. En las siguientes tablas se presentan los datos promedio de acidez titulable a través del tiempo, tanto para moras como para fresas.

Tabla 4-6. Porcentajes promedios de ácido cítrico en fresas

Fruta	Día 0	Día 1	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 10	Día 12	Día 13	Día 14
Fresa con recubrimiento	0.96	0.99	0.92	0.90	0.89	0.99	0.92	0.93	0.91	0.92
Fresa sin recubrimiento	0.96	0.97	1.05	1.01	1.01	1.03	1.03			

Tabla 4-7. Porcentajes promedios de ácido cítrico en moras

Fruta	Día 0	Día 1	Día 5	Día 7	Día 9	Día 12	Día 14	Día 16	Día 17
Mora con recubrimiento	2.08	1.86	1.82	1.77	1.63	1.57	1.55	1.54	1.46
Mora sin recubrimiento	2.08	1.80	1.56	1.61	1.56	1.44	1.48		

**Figura 4-3.** Gráfico de acidez titulable en fresas, prueba preliminar de vida de anaquel.

En la figura 4-3, se observa el comportamiento de la acidez titulable en fresas a lo largo del tiempo, para las fresas no recubiertas, a medida que el tiempo pasa el porcentaje de acidez titulable va aumentando, ya que se van degradando los carbohidratos presentes en la fruta, dando paso a la senescencia (envejecimiento de los tejidos de las frutas) de la misma, lo contrario ocurre en las fresas recubiertas, el porcentaje de ácido cítrico disminuyó o se mantuvo con el paso del tiempo, es decir que la aplicación del recubrimiento retrasa el deterioro de los tejidos de la fruta y por lo tanto la degradación de componentes como carbohidratos. Para el día 0 de

almacenamiento en fresas no recubiertas se obtuvo un 1.03% de ácido cítrico y en fresas recubiertas un 0.92% de ácido cítrico

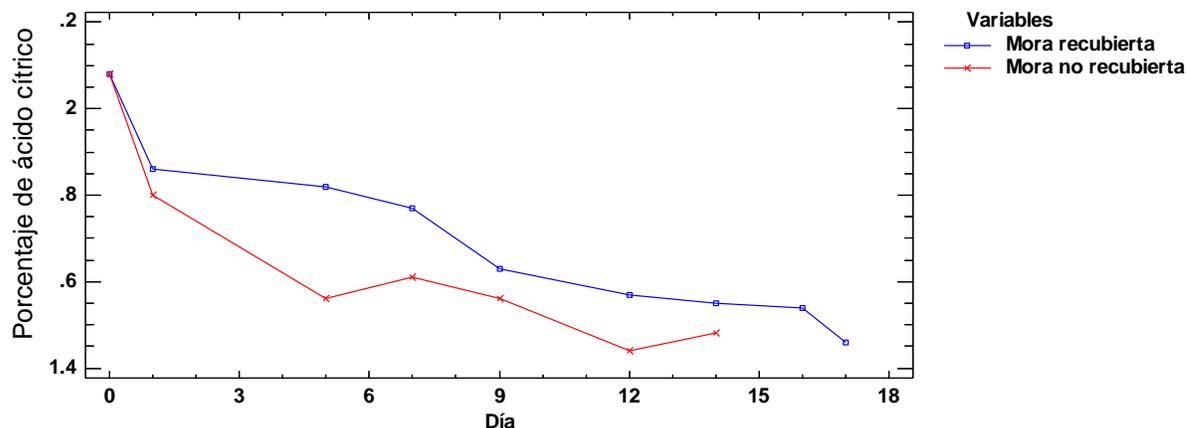


Figura 4-4. Gráfico de acidez titulable en moras, prueba preliminar de vida de anaquel.

A pesar de que las moras negras son categorizadas como frutos no climatéricos, luego de ser cosechadas, continuaron su proceso de maduración ya que como se observa en la figura 4-4, la concentración de ácido cítrico se vio disminuida con el paso del tiempo, en el caso de la fruta no recubierta el descenso de la acidez titulable se desarrolló con mayor rapidez que en el caso de la fruta recubierta, es decir que el proceso de maduración se vio ralentizado como efecto de la aplicación del recubrimiento. Para el día 14 de almacenamiento en moras no recubiertas se obtuvo un 1.48% de ácido cítrico y para las recubiertas un 1.55%, habiendo partido de un valor de 2.08% (en el día 0).

4.2.2.1. Análisis estadístico de acidez titulable

El resumen estadístico, a partir del cual se establecerá si las poblaciones de datos se asemejan a una distribución normal, se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 4-8. Resumen estadístico para porcentaje de ácido cítrico en moras con y sin recubrimiento.

	Mora recubierta	Mora no recubierta
Recuento	9	7
Promedio	1.69778	1.64714

Continúa...

Tabla 4-8. Resumen estadístico para porcentaje de ácido cítrico en moras con y sin recubrimiento.

	<i>Mora recubierta</i>	<i>Mora no recubierta</i>
Desviación Estándar	0.198984	0.222914
Coeficiente de Variación	11.7202%	13.5333%
Mínimo	1.46	1.44
Máximo	2.08	2.08
Rango	0.62	0.64
Sesgo Estandarizado	0.982236	1.58684
Curtosis Estandarizada	0.011657	1.00224

Tabla 4-9. Resumen estadístico para porcentaje de ácido cítrico en fresas con y sin recubrimiento.

	<i>Fresa recubierta</i>	<i>Fresa no recubierta</i>
Recuento	10	7
Promedio	0.933	1.00857
Desviación Estándar	0.0352924	0.0328778
Coeficiente de Variación	3.78268%	3.25984%
Mínimo	0.89	0.96
Máximo	0.99	1.05
Rango	0.1	0.09
Sesgo Estandarizado	1.04356	-0.575717
Curtosis Estandarizada	-0.384219	-0.512074

Tal y como se presenta en la Tabla 4-8 y Tabla 4-9, tanto el sesgo estandarizado como la curtosis estandarizada, se encuentran entre los valores de -2 y 2, por lo tanto, los datos de % de ácido cítrico para moras y fresas recubiertas y no recubiertas a lo largo del tiempo se ajustan a una distribución normal.

Al realizar la prueba “t” para comparación de medias en el caso de las moras, se obtuvo un valor p de 0.639038, ya que este no es menor a 0.05, se determina que los datos de % ácido cítrico en moras no son significativamente diferentes estadísticamente. Sin embargo, en el caso del comportamiento del ácido cítrico en fresas, comparando las medias de los frutos recubiertos y los no recubiertos se obtuvo un de p de 0.000454165, siendo este un número menor que 0.05, se afirma

que el comportamiento de la acidez titulable en fresas recubiertas si es estadísticamente diferente del comportamiento de fresas no recubiertas.

4.2.3. Sólidos solubles totales

Se estudió el comportamiento de la concentración de sólidos solubles (°Brix, carbohidratos) en muestras de fresas y moras durante un periodo de 14 días en fresas y de 17 en moras, con el objetivo de determinar el efecto de la biopelícula seleccionada en la degradación de los azúcares de las frutas al utilizarse como recubrimiento.

Se realizaron mediciones de los °Brix de muestras de fresas y moras al inicio de la prueba, el promedio de estas mediciones fue considerado como el valor inicial de la concentración de sólidos solubles para cada fruta. Posteriormente se realizaron mediciones de los °Brix en las moras con recubrimiento en los días 1, 5, 7, 9, 12, 14, 16, 17. En las moras sin recubrimiento se realizaron mediciones los días 1, 5, 7, 9, 12, 14. De igual forma las fresas con recubrimiento fueron analizadas los días 1, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14. Mientras que las fresas sin recubrimiento se analizaron los días 1, 4, 6, 7, 8, 10. A continuación se presenta un resumen de los valores promedio de °Brix de cada fruta.

Tabla 4-10. Promedios de mediciones de °Brix para moras con y sin recubrimiento

Fruta	Día 0	Día 1	Día 5	Día 7	Día 9	Día 12	Día 14	Día 16	Día 17
Mora con recubrimiento	6.28	6.14	6.1	6	5.86	5.78	5.68	5.66	5.64
Mora sin recubrimiento	6.28	6.06	5.98	5.94	5.52	5.3	5.22		

Tabla 4-11. Promedios de mediciones de °Brix para fresas con y sin recubrimiento

Fruta	Día 0	Día 1	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 10	Día 12	Día 13	Día 14
Fresa con recubrimiento	6.98	7.08	7.16	7.06	7.06	7.08	6.88	6.94	6.92	6.88
Fresa sin recubrimiento	6.98	6.84	6.92	6.88	6.64	6.58	6.62			

El comportamiento del cambio de °Brix en las muestras se ejemplifica de manera más comprensible en las siguientes gráficas. En ellas se puede observar como en los cuatro casos los valores de las mediciones de °Brix descienden a medida avanza el tiempo lo cual indica degradación de los azúcares de la fruta y por lo tanto pérdida de sólidos solubles como consecuencia del proceso de respiración de los frutos. Se observa que las muestras recubiertas de moras y fresas tuvieron valores promedios de °Brix mayores a aquellos de las frutas sin recubrimiento, evidenciando así el retraso de la tasa de deterioro de dichos frutos.

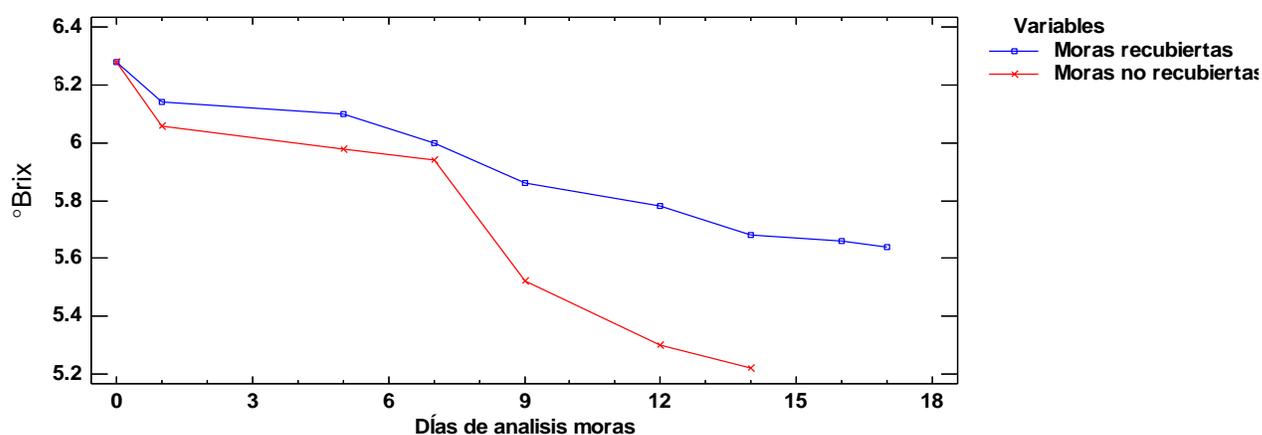


Figura 4-5. Gráfico del comportamiento de °Brix en moras

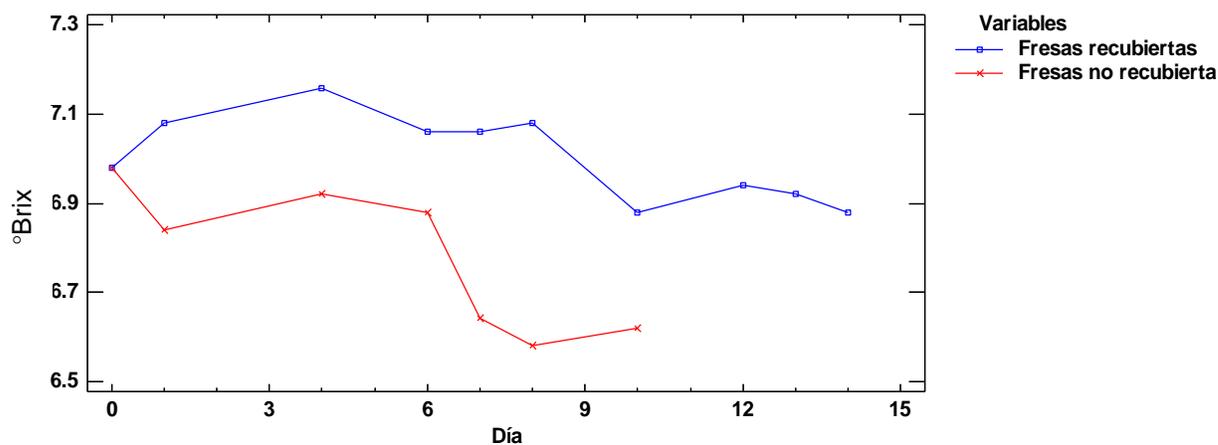


Figura 4-6. Gráfico del comportamiento de °Brix en fresa

De acuerdo a los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas; las moras recubiertas tuvieron una pérdida promedio de °Brix de 0.64 en un periodo de 17 días de estudio, mientras que en las moras sin recubrir la pérdida promedio de °Brix fue 1.06 en un periodo de estudio de 14 días. En el caso de las fresas con recubrimiento la pérdida promedio de °Brix fue de 0.1 en un periodo de estudio de 14 días y las fresas sin recubrimiento tuvieron una pérdida promedio de °Brix de 0.36. Esto indica que el uso del recubrimiento en las moras reduce la pérdida de °Brix o degradación de carbohidratos un 39.6% con respecto a moras no recubiertas, mientras que el uso del recubrimiento en las fresas reduce la pérdida de °Brix un 72.2%, con relación a las fresas no recubiertas.

4.2.3.1. Análisis estadístico del cambio de sólidos solubles.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en las frutas con y sin recubrimiento fueron analizados estadísticamente. Se determinó que la distribución de los datos de °Brix de las frutas con y sin recubrimiento era normal basándose en los valores de sesgo estandarizado y curtosis estandarizada. Por lo tanto los análisis estadísticos aplicados para determinar si existe diferencia en las medias de cada uno de los casos son válidos.

Tabla 4-12. Resumen estadístico de datos de °Brix para moras con y sin recubrimiento

	<i>°Brix Moras con recubrimiento</i>	<i>°Brix Moras sin recubrimiento</i>
Recuento	48	35
Promedio	5.89583	5.75714
Desviación Estándar	0.24578	0.398738
Coefficiente de Variación	4.16871%	6.92596%
Mínimo	5.4	5.0
Máximo	6.4	6.4
Rango	1.0	1.4
Sesgo Estandarizado	0.420808	-0.671728
Curtosis Estandarizada	-1.15688	-1.44894

Tabla 4-13. Resumen estadístico de datos de °Brix para fresas con y sin recubrimiento

	<i>°Brix Fresas con recubrimiento</i>	<i>°Brix Fresas sin recubrimiento</i>
Recuento	55	35
Promedio	7.00909	6.78
Desviación Estándar	0.145644	0.184391
Coefficiente de Variación	2.07793%	2.71963%
Mínimo	6.6	6.5
Máximo	7.3	7.1
Rango	0.7	0.6
Sesgo Estandarizado	-0.720951	0.248042
Curtosis Estandarizada	-0.270687	-1.42273

Al aplicar la prueba t para comparación de medias entre los datos de moras recubiertas y moras sin recubrir, así como en los datos de fresas recubiertas y fresas sin recubrir, en el caso de las moras el valor P obtenido en la prueba es de 0.0539429 lo cual significa que no existe una diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos en el cambio de °Brix en las muestras de moras con y sin recubrimiento, con un nivel de confianza de 95%.

En el caso de las fresas el valor P obtenido es de 3.71411E-9 lo que significa que existe una diferencia estadística significativa entre los valores medios de los datos obtenidos de cambio de °Brix en las muestras de fresas con y sin recubrimiento, con un nivel de confianza de 95%.

4.2.4. pH

Esta prueba tuvo como objetivo determinar las variaciones de los valores de pH entre muestras de frutas con recubrimiento y sin recubrimiento. El valor de pH se utiliza como parámetro para determinar la degradación de azúcares en la fruta. Se establecieron los valores iniciales de pH para moras y fresas seleccionando muestras al azar de frutas frescas y midiendo su pH, el promedio de estos valores se asignó como el valor inicial de pH para cada muestra.

Se realizaron mediciones de valores de pH de todas las muestras durante un periodo de 14 días para las fresas y 17 días para las moras. Las mediciones de pH en muestras de mora con recubrimiento se realizaron los días 1, 5, 7, 9, 12, 14, 16, 17 y de moras sin recubrimiento los días 1, 5, 7, 9, 12, 14. De igual forma se realizaron mediciones de valores de pH en las muestras de fresas con recubrimiento los días 1, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14 y sin recubrimiento los días 1, 4, 6, 7, 8, 10. A continuación se presenta un resumen de los valores promedios de pH por cada día de análisis para cada fruta.

Tabla 4-14. Promedios de mediciones de pH en moras con y sin recubrimiento

Fruta	Día 0	Día 1	Día 5	Día 7	Día 9	Día 12	Día 14	Día 16	Día 17
Mora con recubrimiento	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.77	2.77	2.9
Mora sin recubrimiento	2.6	2.6	2.77	2.8	2.8	2.8	2.8		

Tabla 4-15. Promedios de mediciones de pH en fresas con y sin recubrimiento

Fruta	Día 0	Día 1	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 10	Día 12	Día 13	Día 14
Fresa con recubrimiento	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.33	3.4	3.4	3.4
Fresa sin recubrimiento	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.33	3.4			

De las tablas resúmenes anteriores se observa qué en el caso de las moras, aquellas que no fueron recubiertas tuvieron cambios de pH a partir del día 5 de análisis, mientras que las moras que fueron recubiertas no presentaron cambios en los valores de pH hasta el día 14 de análisis. Las fresas sin recubrir presentaron cambios de pH el día 7 de análisis mientras que las fresas recubiertas tuvieron cambios de pH hasta el día 12 de análisis, ya que los valores de pH incrementan como indicador de que los frutos se encuentran en sus últimas fases de maduración, se infiere que la aplicación del recubrimiento retrasa el proceso de maduración.

4.2.4.1. Análisis estadístico de pH

Se analizaron los datos obtenidos en las pruebas para cada tipo de fruta y se determinó que la distribución de estos es normal, basándose en los valores de curtosis estandarizada y sesgo estandarizado. Por lo que los análisis estadísticos aplicados son válidos.

Tabla 4-16. Resumen estadístico para datos de pH de moras con y sin recubrimiento

	<i>pH Moras sin recubrimiento</i>	<i>pH Moras con recubrimiento</i>
Recuento	21	27
Promedio	2.7381	2.71481
Desviación Estándar	0.0920662	0.0907393
Coefficiente de Variación	3.36242%	3.34237%
Mínimo	2.6	2.6
Máximo	2.8	2.9
Rango	0.2	0.3
Sesgo Estandarizado	-1.66073	1.46223
Curtosis Estandarizada	-1.18059	0.0408304

Tabla 4-17. Resumen estadístico para datos de pH de fresas con y sin recubrimiento.

	<i>pH Fresas sin recubrimiento</i>	<i>pH fresas con recubrimiento</i>
Recuento	21	30
Promedio	3.3381	3.33333
Desviación Estándar	0.0497613	0.0479463
Coefficiente de Variación	1.49071%	1.43839%
Mínimo	3.3	3.3
Máximo	3.4	3.4
Rango	0.1	0.1
Sesgo Estandarizado	0.989369	1.6656
Curtosis Estandarizada	-1.78941	-1.73695

La prueba estadística t de comparación de medias está enfocada en determinar si hay diferencias entre las medias de las frutas con recubrimiento y las frutas sin recubrimiento. El valor P calculado para las muestras de moras con y sin recubrimiento es igual a 0.385475 lo que indica que estadísticamente no existe diferencia significativa en el comportamiento de las mediciones de pH entre moras

con recubrimiento y moras sin recubrimiento. En el caso de las fresas con y sin recubrimiento el valor P calculado fue igual a 0.732543 lo que significa que no existe diferencia estadística significativa entre las medias de los valores de pH de las muestras de fresas con recubrimiento y las fresas sin recubrimiento.

4.2.5. Evaluación sensorial

Para la determinación del periodo de vida de anaquel de la fruta, se tomó como parámetro crítico la evaluación de los atributos sensoriales presentados por la misma, en este caso: olor, sabor, color, textura y apariencia, se decidió que el período de vida de anaquel llegaría a su fin antes de que alguno de los parámetros fuese evaluado por el 12.5% de los panelistas con el punto “Me desagrada levemente”.

Se realizaron las evaluaciones sensoriales por parte de 8 panelistas, ya que según B.M Watts, G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elías, (1995), es el número mínimo para integrar el panel sensorial, cada uno de los panelistas estaba relacionado con el consumo de fresas y moras y además de tener la disponibilidad de tiempo necesaria, no presentaban hábitos que pudiesen incidir en su evaluación organoléptica.

Inicialmente, se realizó la evaluación con intervalos de 2 a 3 días y posteriormente de manera constante día a día, para observar el comportamiento de los parámetros a lo largo del tiempo y a la vez establecer con más exactitud el término del periodo de vida de anaquel, el cual, se establecerá antes de que alguno de los atributos sea calificado con el punto de la escala hedónica “Me desagrada levemente”.

En el caso de fresas los días de evaluación fueron: 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10,11,12,13,14 para fresas recubiertas y 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10 para fresas no recubiertas; las moras fueron evaluadas los días: 1, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17 para moras recubiertas y los días 1, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, para moras no recubiertas. En el ANEXO H2 se puede observar con detalle, la evaluación sensorial a través del tiempo

Como se puede observar tanto en la evaluación sensorial como en la de parámetros fisicoquímicos, el número de días para los frutos no recubiertos es menor que en los frutos recubiertos a pesar de que con el tiempo, ninguno de los atributos fueron calificados por los panelistas como “ Me desagrada levemente”; el período de tiempo menor en moras y fresas no recubiertas, en este caso se debe a la vulnerabilidad de los frutos no recubiertos ante la contaminación fúngica, ya que a pesar de ser almacenados y manipulados bajo condiciones inocuas para el día 11 en fresas y día 15 en moras la mayoría de frutos presentaron contaminación tal y como se muestra en la Figura 4-7.

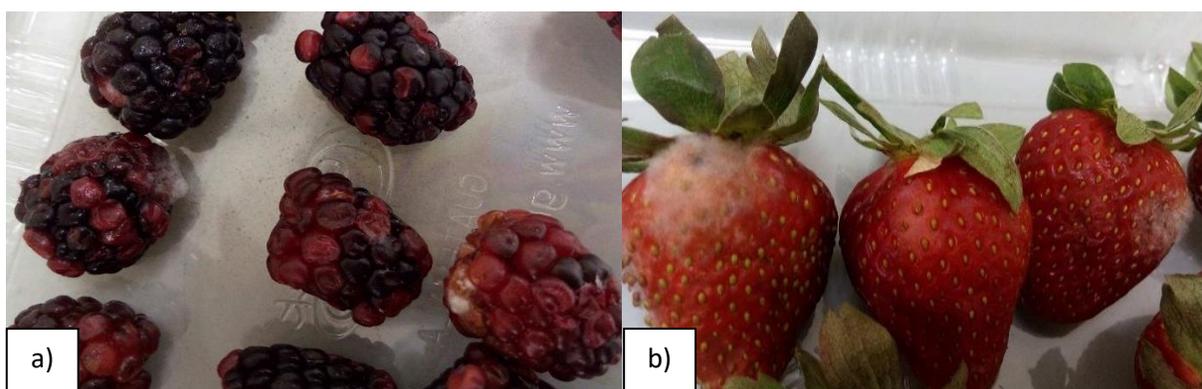


Figura 4-7. a) Contaminación fúngica de moras no recubiertas día 15. b) Contaminación fúngica de fresas no recubiertas día 11.

A pesar de que sensorialmente la fruta no recubierta fue evaluada aun aceptablemente para el día 10 en fresas y el día 14 en moras, perdió su condición de inocuidad, al día siguiente respectivamente para cada fruta, por lo que el periodo de vida de anaquel llegó a su fin, a continuación, se presenta un cuadro resumen con los parámetros finales medidos el último día, donde las frutas se encontraban sensorial y microbiológicamente aptas para consumo.

Tabla 4-20. *Resumen de parámetros fisicoquímicos finales de vida de anaquel en frutas no recubiertas*

Fruta no recubierta	Periodo de vida de anaquel	° Brix	% Pérdida de peso	% Ácido cítrico	pH final
Fresa	10 días	6.62	3.23	0.92	3.4
Mora	14 días	5.22	4.16	1.48	2.8

En cuanto a los atributos sensoriales del día final de la fruta recubierta y de la no recubierta en los siguientes gráficos se presenta una comparación, como se observa en la Figura 4-8, alusiva a fresas cada uno de los atributos: olor, sabor, color, textura y apariencia fueron calificados con los puntos “Me agrada mucho”, “Me agrada levemente” y “No me agrada ni me desagrada” (no llegando al 100% en este punto de la escala), por lo que tanto para el día 10 en fresas no recubiertas y día 14 en fresas recubiertas las frutas fueron aceptables en cada uno de sus atributos. En el caso de moras, la comparación se refleja en la figura 4-9, donde en el único atributo organoléptico de las moras no recubiertas para el día 14, que se calificó con un 100% por parte de los panelistas, como “No me agrada ni me desagrada” fue el de apariencia, en cambio para las moras recubiertas, ninguno de los atributos fue calificado con un 100% como “No me agrada ni me desagrada”, por lo que para ambos tipos de mora hubo aceptación de cada uno de sus atributos por parte de los panelistas.

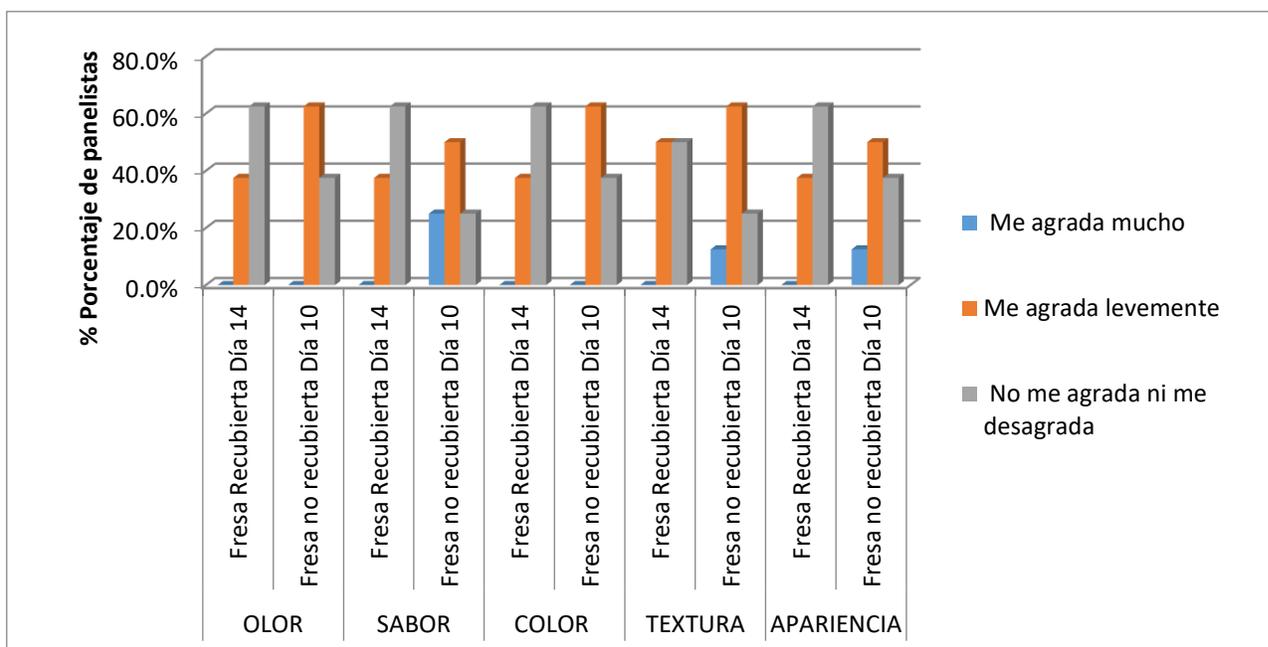


Figura 4-8. Gráfico comparativo de atributos sensoriales en fresas.

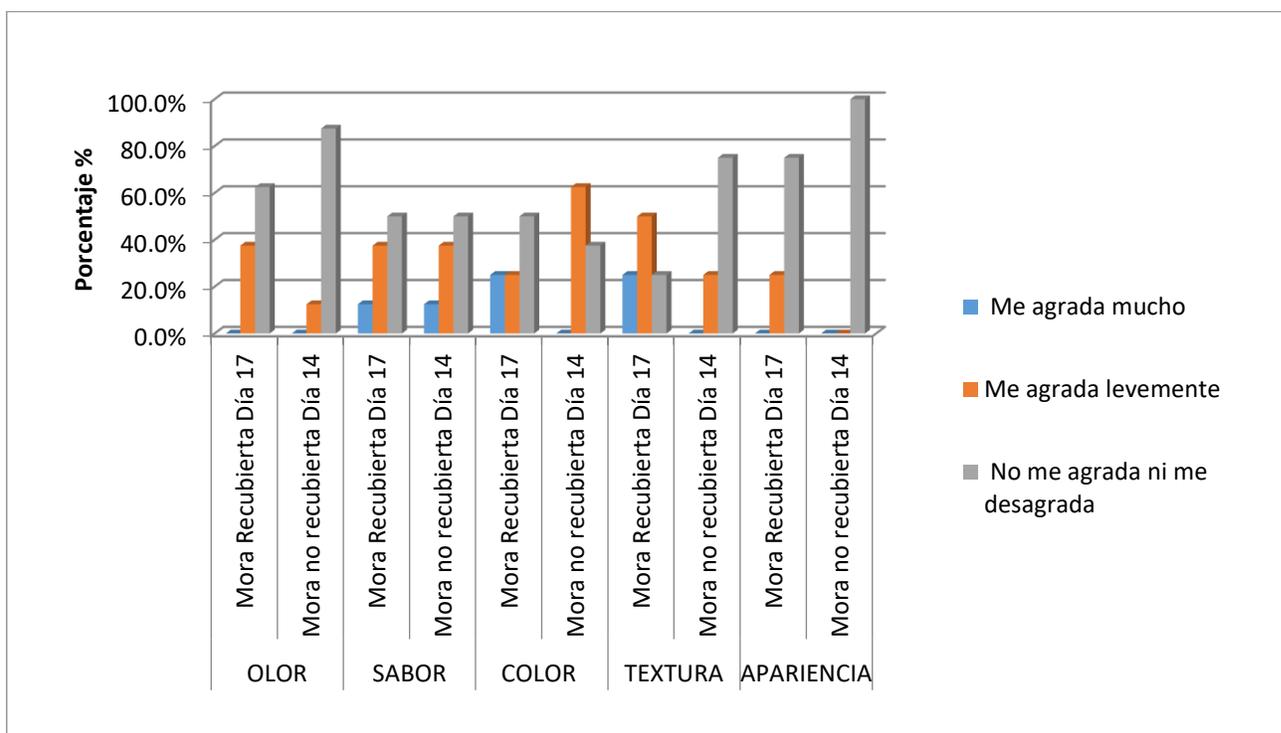


Figura 4-9. Gráfico comparativo de atributos sensoriales en moras.

Debido a que para el día 14 en fresas recubiertas y día 17 en moras recubiertas, las evaluaciones sensoriales fueron aceptables en cada uno de los atributos estudiados se decidió realizar una segunda prueba para el establecimiento de la vida de anaquel en frutos recubiertos.

4.3. Vida de anaquel para fruta recubierta

En el resultado de la prueba preliminar de vida de anaquel, la fruta recubierta para el día 14 en fresa y día 17 en moras (días finales para cada fruta), presentó una evaluación sensorial aceptable por parte de los panelistas, por lo tanto, se consideró necesario el realizar una segunda prueba, la cual se llevó a cabo con un menor número de días a evaluar ya que se conocía aproximadamente el periodo de tiempo en el que las frutas recubiertas serían aceptables organolépticamente.

A continuación, se presentan los gráficos de los valores promedios de los parámetros evaluados a lo largo del tiempo de vida de anaquel: °Brix, pérdida de peso, acidez titulable y pH, en el caso de la fresa recubierta los días de evaluación fueron: 0, 10, 14, 15, 16, 17; en cambio para moras recubiertas fueron: 0, 10, 16, 17, 18, 19, se evaluaron menor número de días con el fin de realizar una mejor selección de muestra (fresas y moras).

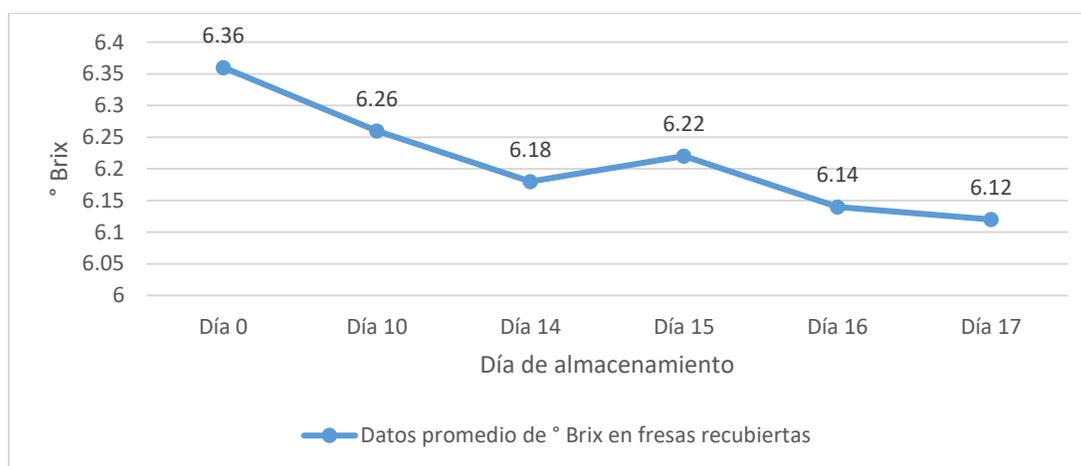


Figura 4-10. Gráfico de datos promedio de °Brix en fresas recubiertas.

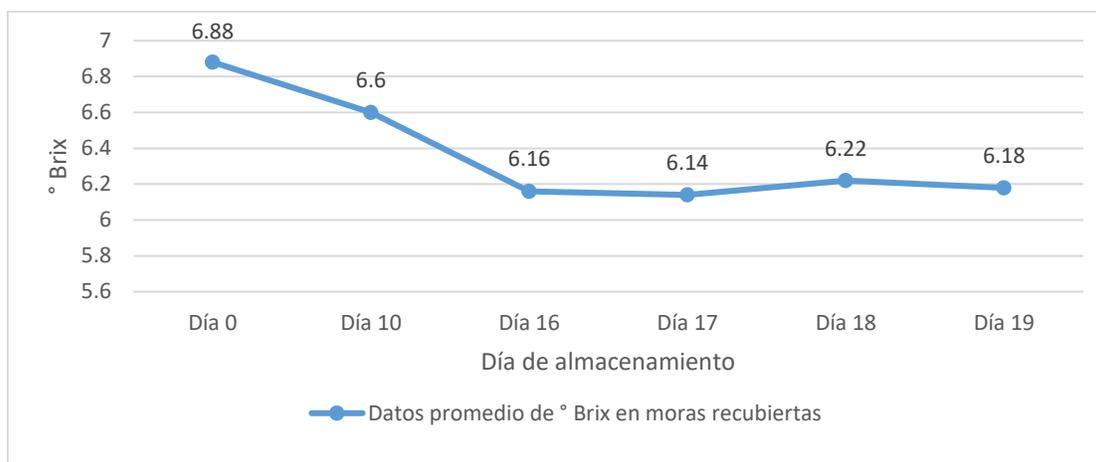


Figura 4-11. Gráfico de datos promedio de °Brix en moras recubiertas.

En las figuras 4-10 y 4-11 se presentan los datos promedios de ° Brix, en ambas frutas se puede observar la degradación de este parámetro con el paso del tiempo, para el día de almacenamiento 17 en fresas se obtuvo un valor de 6.12, en cambio en moras para el día de almacenamiento 19, fue un valor de 6.18.

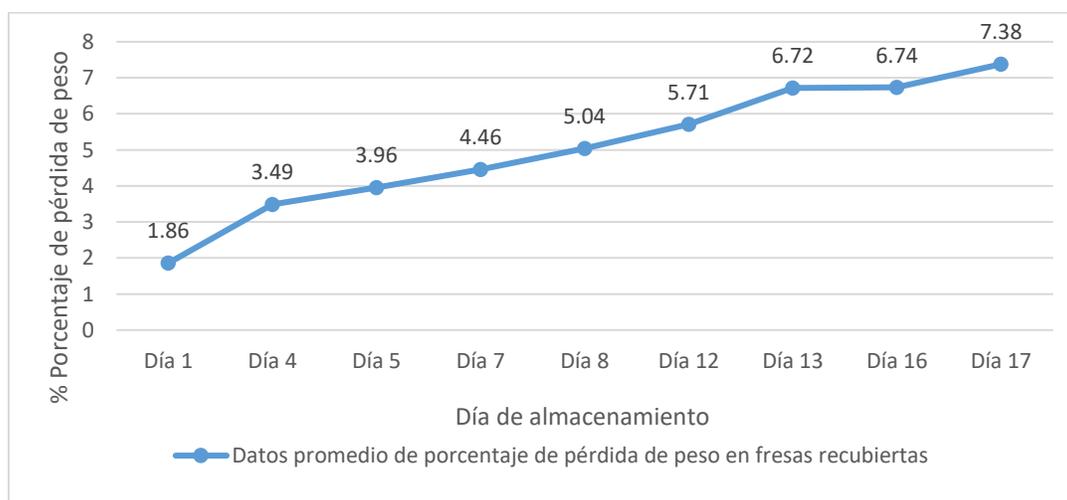


Figura 4-12. Gráfico de Datos promedio de porcentaje de pérdida de peso en fresas recubiertas.

El comportamiento de la variable de pérdida de peso a lo largo del tiempo se presenta en las figuras 4-12 y 4-13, en el caso de fresas con un valor final de 7.38%

para el día 17 y en moras un valor de 7.45% para el día 19. El cambio de pH, en el período de tiempo de vida de anaquel se presentan en las figuras 4-14 y 4-15.

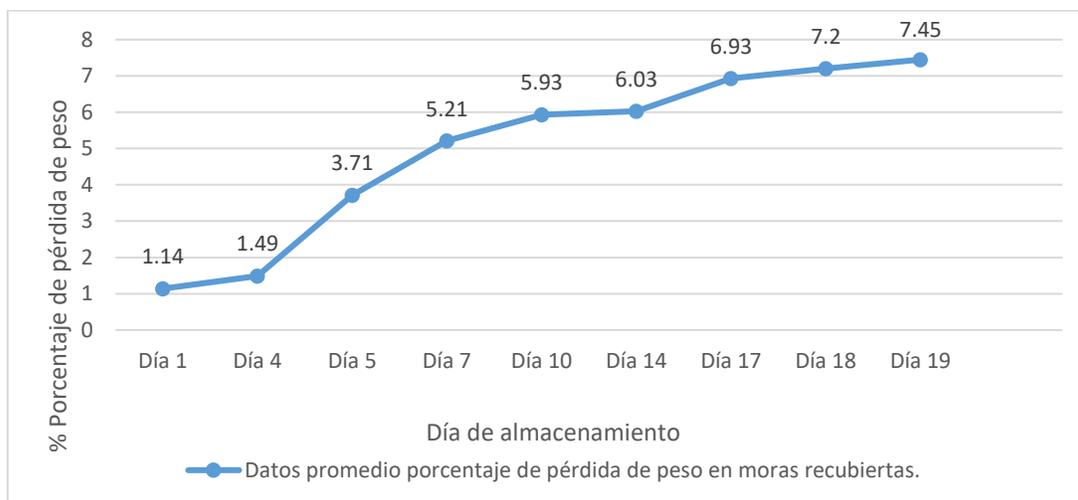


Figura 4-13. Gráfico de datos promedio porcentaje de pérdida de peso en moras recubiertas.

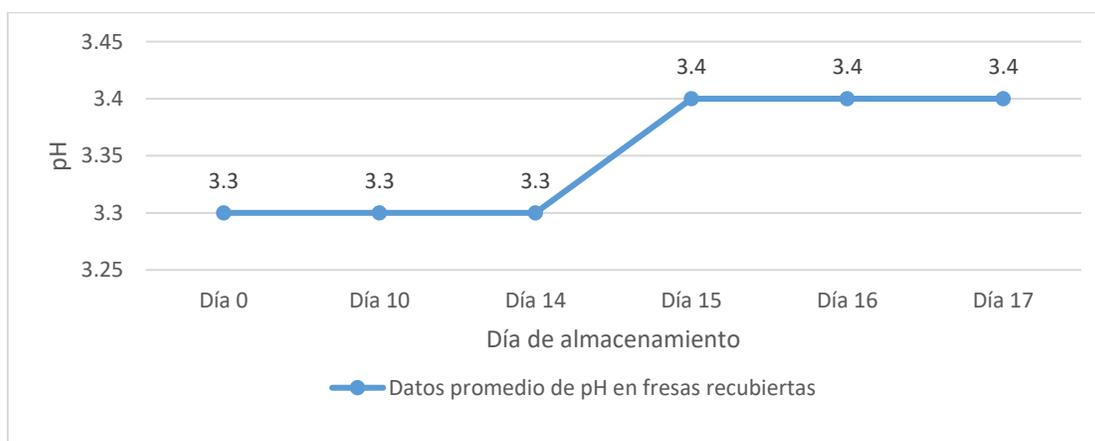


Figura 4-14. Gráfico de datos promedio de pH en fresas recubiertas.

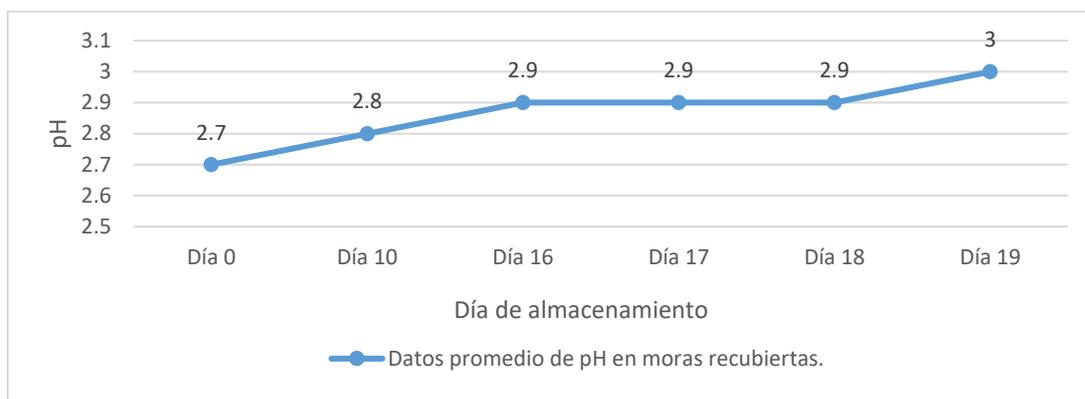


Figura 4-15. Gráfico de datos promedio de pH en moras recubiertas.

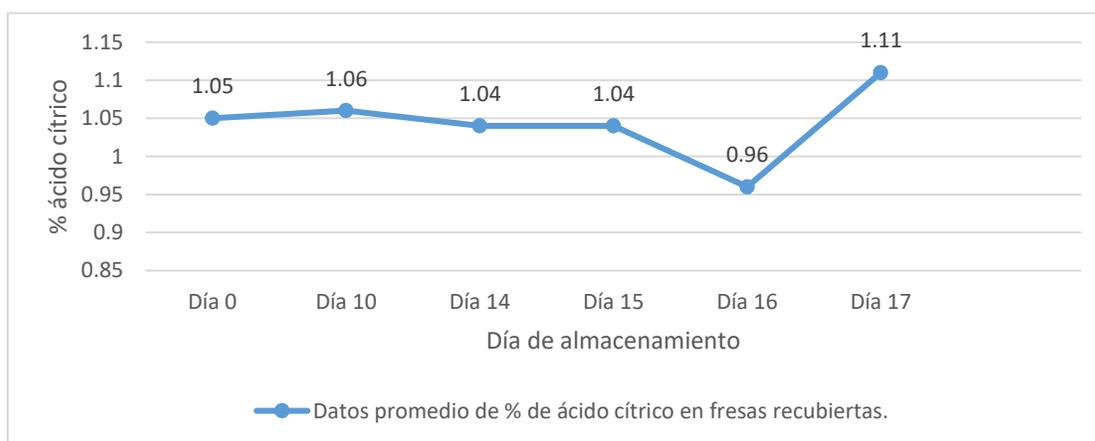


Figura 4-16. Gráfico de datos promedio de % de ácido cítrico en fresas recubiertas.

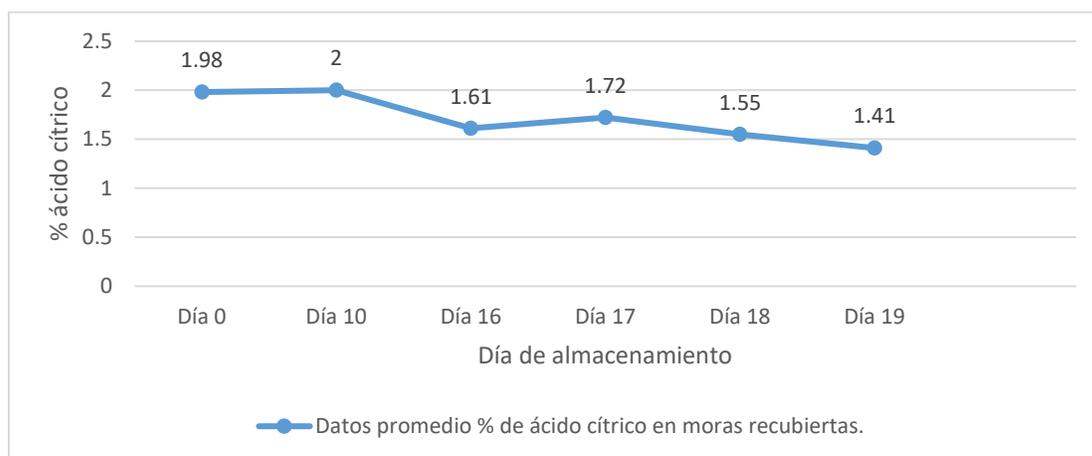


Figura 4-17. Gráfico de datos promedio % de ácido cítrico en moras recubiertas.

En las figuras 4-16 y 4-17 se presentan los datos promedio de porcentaje de ácido cítrico, en el caso de moras se observa que se degrada paulatinamente con el paso del tiempo, como producto del proceso de maduración en sus últimas fases, en cambio en fresas ocurre lo contrario, ya que la tendencia indica que los valores se mantienen en el inicio del transcurso del tiempo, pero al final el % de ácido cítrico aumenta para el último día de almacenamiento, lo que se interpreta como el proceso de degradación de las fresas y el paso a las últimas etapas de senescencia.

Además de la caracterización fisicoquímica a continuación se presentan en forma de gráficos la evaluación de los parámetros organolépticos de ambas frutas recubiertas para el último día de almacenamiento en el que no se calificó ningún atributo con los puntos “Me desagrada levemente” o “Me desagrada mucho”. Ver Anexo H3 donde se presenta la evaluación sensorial a lo largo del tiempo.

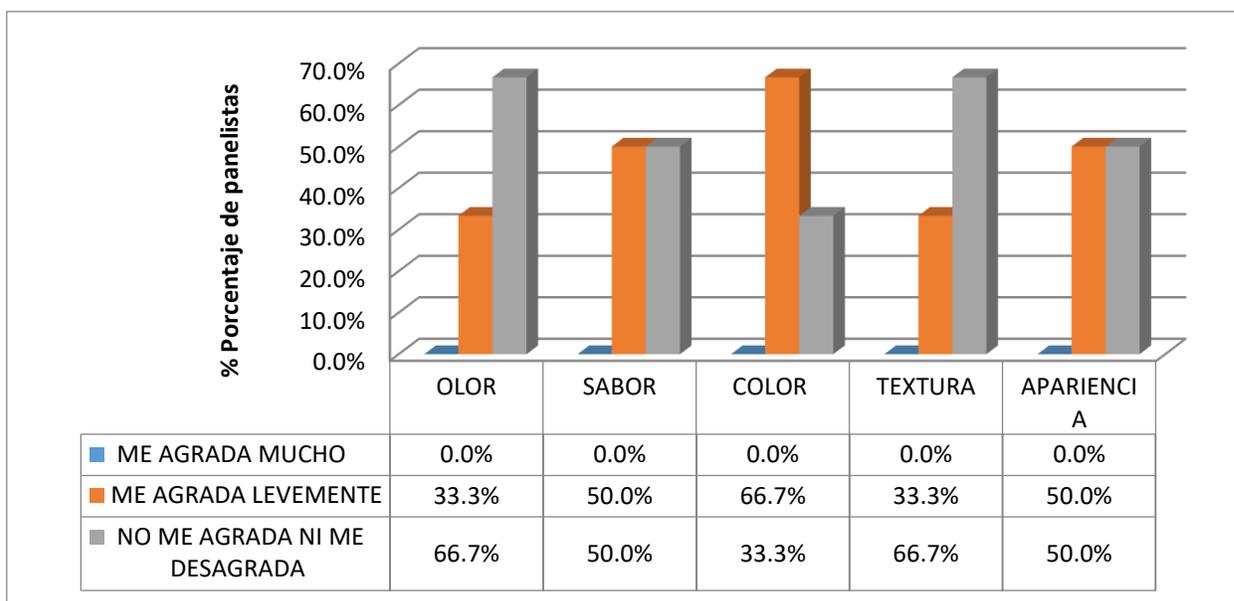


Figura 4-18. Evaluación sensorial para fresas, día 17 de almacenamiento.

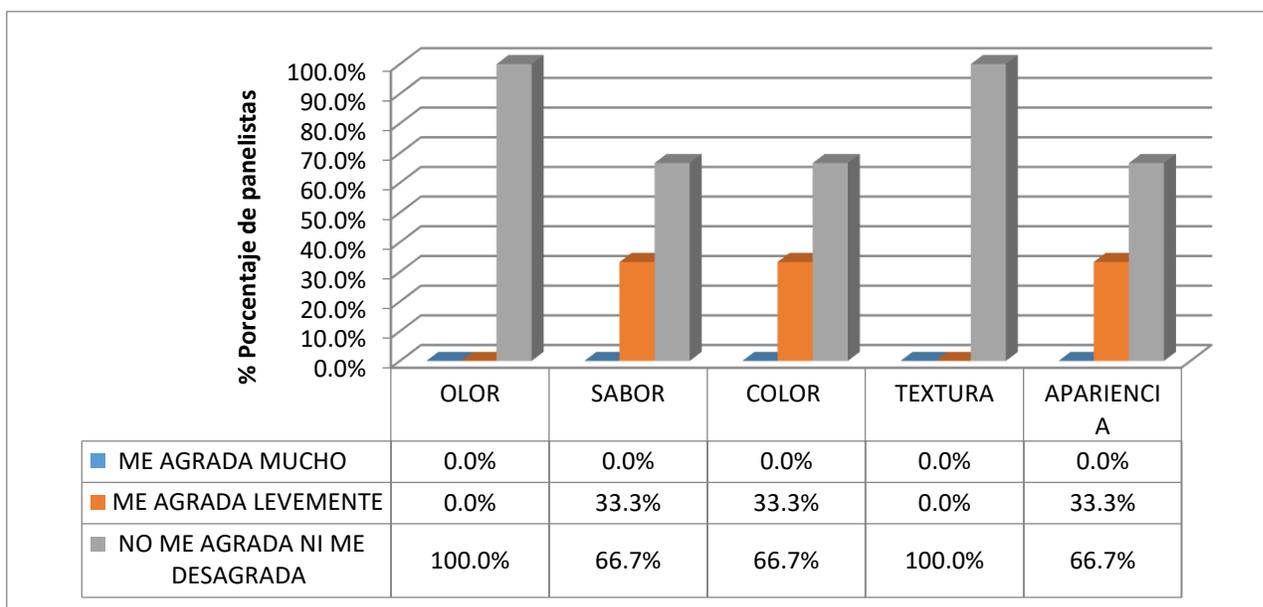


Figura 4-19. Evaluación sensorial para moras, día 19 de almacenamiento.

Las fresas recubiertas fueron evaluadas de manera aceptable, es decir con los puntos “me agrada mucho”, “me agrada levemente” y “no me agrada ni me desagrada” hasta el día 17 de almacenamiento, en cambio las moras recubiertas se evaluaron aceptablemente hasta el día 19 de almacenamiento, en las siguientes figuras se muestran ambas frutas recubiertas en el último día de aceptación organoléptica por parte de los panelistas.



Figura 4-20. Fresas recubiertas para día 17 de almacenamiento



Figura 4-21. Moras recubiertas para día 19 de almacenamiento.

Tabla 4-21. Resumen de parámetros fisicoquímicos finales de vida de anaquel en frutas recubiertas

Fruta recubierta	Periodo de vida de anaquel	° Brix	% Pérdida de peso	% Ácido cítrico	pH final
Fresa	17 días	6.12	7.38	1.11	3.4
Mora	19 días	6.18	7.45	1.41	3.0

El período de vida de anaquel para fresas tratadas con un recubrimiento a base de 5% P/V de almidón en toda la mezcla distribuido en: 50% de almidón de sorgo y 50% de almidón de Yuca; más 2% de glicerol p/v y 0.1% de sorbato de Potasio P/V es de 17 días en condiciones de almacenamiento de 2.9 ° C y 29% de humedad relativa, dato que comparado con la vida de anaquel de fresas tratadas con otro tipo de recubrimientos presentados en la Tabla 4-23 resulta similar y competitivo para la extensión del periodo de vida de anaquel en frutos como fresas.

Tabla 4-22. Comparación de vida de anaquel de fresas tratadas con recubrimientos comestibles.

Composición del recubrimiento	Condiciones de almacenamiento	Periodo de vida de anaquel	Referencia bibliográfica
Pectina + eugenol o citral Alginato de sodio + eugenol o citral	0.5 ° C	14 días	(Guerreiro, Gago, Faleiro, Miguel, y Antunes, 2015)
Quitosano modificado + aceites esenciales	4 ° C	12 días	(Vu, Hollingsworth, Leroux, Salmieri, y Lacroix, 2011)
Quitosano, pululano y pectina + sorbato de potasio y benzoato de sodio	4 ° C y 90% de humedad relativa	15 días	(Treviño Garza, García, Flores González, y Arévalo Niño, 2015)
Proteína de quínoa + quitosano + aceite de girasol	0 ± 0.05 ° C y 90% de humedad relativa	12 días	(Valenzuela, y otros, 2015)
Quitosano + aceite esencial de pasto de limón y tomillo.	4 °C y 90-95% de humedad relativa	15 días	(Ibrahim, Sharoba, El Waseif, El Mansy, y El Tanahy, 2017)
Mezcla de almidón de Maíz comercial y almidón de Maíz de alto % de amilosa + glicerol y aceite de girasol	0 ° C y 84.8 % de humedad relativa	14 días	(García, Matino, y Zaritzky, 2001)

En el caso de moras negras tratadas con un recubrimiento a base de 5% de almidón p/v (50% de almidón de sorgo y 50% de almidón de Yuca) + 2% de glicerol p/v y 0.1% de sorbato de Potasio p/v, el periodo de vida de anaquel se extendió hasta 19 días, bajo condiciones de almacenamiento de 2.9 ° C y 29% de humedad relativa, en comparación al periodo de vida de anaquel de otros tipos de recubrimientos aplicados en moras negras mostrados en la Tabla 4-24, se concluye que son

resultados similares e incluso el recubrimiento seleccionado dentro de este estudio tiende a extender unos días más la vida de anaquel de moras negras.

Tabla 4-23. Comparación de vida de anaquel de moras negras tratadas con recubrimientos comestibles.

Composición del recubrimiento	Condiciones de almacenamiento	Periodo de vida de anaquel	Referencia bibliográfica
Almidón de Yuca modificado + sorbitol + cera de abejas + ácido esteárico.	4 ° C y 88% de humedad relativa	16 días	(Pérez Gallardo, y otros, 2015)
Gel de mucilago de penca de sábila + cera carnauba + polisorbato 80 + glicerol	5°C y 85 ± 5% de humedad relativa	10 días	(Ramírez, Aristizabal, y Restrepo, 2013)
Hidroxipropil metilcelulosa + glicerol + ácido esteárico	4 ° C	15 días	(Villegas y Albarracín, 2016)

En la tabla 4-24 se detalla la carga microbiológica que posee el recubrimiento comestible utilizado para fresas y moras.

Posteriormente en la Tabla 4- 25 se realiza un comparativo de los resultados microbiológicos para fresas y moras recubiertas y no recubiertas para el primer y último día de análisis. (Véase Anexo H5. para observar resultados según CENSALUD)

Tabla 4-24. Resultado de Análisis Microbiológico del Recubrimiento comestible para frutas.

Análisis Microbiológico	Recubrimiento comestible
Recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/g)	90
Recuento de Hongos y levaduras (UFC/g)	65

Tabla 4-25. Comparativo del análisis Microbiológico en Fresas y Moras en el primer y último día de vida de anaquel.

Análisis Microbiológico	Frutas							
	Moras				Fresas			
	Recubiertas		Sin recubrimiento		Recubiertas		Sin recubrimiento	
	Día 1	Día 19	Día 1	Día 14	Día 1	Día 17	Día 1	Día 9
Recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/g)	220	9,000	190	12,000	310	9,100	460	8,200
Recuento de Hongos y levaduras (UFC/g)	450	1,200	510	1,400	480	1,400	400	1,600

Tomando como referencia la norma sanitaria RM N°615-2003 SA/DM que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano de Perú, Subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas donde se establece como límite inferior 10,000 UFC/g de aerobios mesófilos, se comparan los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos para cada una de las frutas recubiertas y no recubiertas, para el primer y último día de vida útil. En el caso de la mora con recubrimiento presento un recuento inicial de 220 UFC/g ligeramente mayor al recuento de la mora sin recubrimiento el cual fue de 190 UFC/g, para el último día de análisis la mora recubierta presento 9,000 UFC/g, día 19, un valor menor a los 12,000 UFC/g que se generan en una mora sin recubrir para el día 14, por lo que con este resultado se evidencia el valor agregado que aporta el recubrimiento retrasando el crecimiento microbiano en dicha fruta. Para la fresa se tuvo un comportamiento similar el recuento de aerobios mesófilos en el primer día fue menor para la fresa recubierta, 310 UFC/g contra 460 UFC/g de la no recubierta, para los días finales el comportamiento de los recuentos se presentan de la siguiente forma: para el día 17 en fresas recubiertas se obtuvo un recuento de 9,100 UFC/g, siendo para la fresa

no recubierta un recuento levemente menor que corresponde a 8,200 UFC/g al día 9, observando los días de diferencia se identifica el aporte significativo que el recubrimiento efectúa sobre la fruta, reafirmando el retraso del crecimiento microbiano, y como consecuencia aumentando su vida de anaquel; aunado a ello es importante mencionar que el recubrimiento comestible no constituye un aporte significativo de carga microbiana.

4.4. Análisis sensorial de aceptabilidad

El análisis sensorial de aceptabilidad se realizó por medio de dos metodologías: prueba hedónica, con el objetivo de identificar el grado de aceptabilidad de la fruta recubierta y no recubierta, mediante la evaluación de los atributos de olor, sabor, textura y apariencia en una escala de 5 puntos; y prueba de preferencia pareada, cuyo objetivo fue determinar la preferencia de los panelistas entre una fruta recubierta y otra no recubierta. Ver ANEXO H.4. para observar instrumentos de evaluación sensorial.

El tamaño de la muestra se determinó por la siguiente fórmula:

$$N = \left[\frac{Z_{\alpha}\sqrt{pq} + Z_{\beta}\sqrt{p_aq_a}}{p - p_a} \right]^2$$

Fórmula 4-1. *Determinación de la muestra para análisis sensorial*

Ref.: (Liria Domínguez, Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos, 2007)

Donde:

Z_{α} = 1.65 (5%, para un extremo). Determinado bajo el uso de las curvas de probabilidad normal estándar a la izquierda de Z.

p = proporción de acierto en la prueba

q = probabilidad de rechazo en la prueba

Z_{β} = 1.65 (5%, para un extremo). Determinado bajo el uso de las curvas de probabilidad normal estándar a la izquierda de Z.

$$p_a = C \cdot P(1-C)$$

C = % de aciertos esperados (definido por el investigador: 1 de 5 personas, 1 de 4 personas, 1 de 3 personas, etc.)

P = Probabilidad de aciertos

$$q_a = 1 - p_a$$

La muestra se define de la siguiente manera:

$$N = \left[\frac{1.65\sqrt{(0.5)(0.5)} + 1.65\sqrt{(0.75)(0.25)}}{0.5 - 0.75} \right]^2 = 37.92 \approx 38 \text{ personas}$$

Para la determinación de la muestra se requiere de 38 personas, sin embargo, con el objetivo de aumentar la precisión de los datos, el número de panelistas se definió para 50 personas.

Para la realización de las pruebas, se entregaron muestras de fresas y moras recubiertas y sin recubrimiento a los panelistas, cada uno de ellos en cabinas de evaluación individual como se observa en la figura 4-22.



Figura 4-22. Panelistas realizando el análisis sensorial.

Las muestras de cada fruta fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos como se muestra en la Tabla 4-26.

Tabla 4-26. Código utilizado para cada muestra de fruta.

Código de la muestra	Tipo de fruta
236	Mora sin recubrir
904	Mora recubierta
145	Fresa sin recubrir
789	Fresa recubierta

Todos los panelistas fueron instruidos para probar las muestras en orden distinto y fue determinado de tal manera que el 50% de los panelistas probaran primero las muestras recubiertas y el otro 50% las muestras sin recubrir.

4.4.1. Prueba hedónica

Para determinar la aceptabilidad de la biopelícula comestible, aplicada en frutas frescas, se realizó una prueba hedónica de 5 puntos. A los 50 panelistas, se les pidió evaluar muestras codificadas de fresas y moras con y sin recubrimiento, los panelistas debían indicar cuanto les agrada cada muestra, calificando cada atributo en una escala del 1 al 5 que va desde "me desagrada mucho" hasta "me agrada mucho", respectivamente, de donde se obtuvieron los resultados detallados en la tabla 4-27 y tabla 4-28.

Tabla 4-27. Resumen de resultados prueba hedónica para fresa recubierta y no recubierta.

Atributo	Fresa					
	Escala	Me agrada mucho	Me agrada poco	No me agrada ni desagrada	Me desagrada poco	Me desagrada mucho
Olor	Recubierta:	32%	36%	28%	4%	0%
	No recubierta:	70%	10%	16%	4%	0%
Sabor	Recubierta:	60%	32%	8%	0%	0%
	No recubierta:	66%	30%	4%	0%	0%
Textura	Recubierta:	52%	30%	18%	0%	0%
	No recubierta:	56%	34%	10%	0%	0%

Continúa...

Tabla 4-27. Resumen de resultados prueba hedónica para fresa recubierta y no recubierta.

Atributo	Escala	Me agrada mucho	Me agrada poco	No agrada ni desagrada	Me desagrada poco	Me desagrada mucho
Apariencia	Recubierta:	42%	42%	16%	0%	0%
	No recubierta:	70%	20%	8%	2%	0%

Tabla 4-28. Resumen de resultados prueba hedónica para Mora recubierta y no recubierta.

Atributo	Mora					
	Escala	Me agrada mucho	Me agrada poco	No agrada ni desagrada	Me desagrada poco	Me desagrada mucho
Olor	Recubierta:	16%	46%	38%	0%	0%
	No recubierta:	14%	38%	46%	2%	0%
Sabor	Recubierta:	38%	42%	16%	4%	0%
	No recubierta:	34%	50%	10%	6%	0%
Textura	Recubierta:	32%	36%	26%	6%	0%
	No recubierta:	50%	38%	12%	0%	0%
Apariencia	Recubierta:	38%	36%	26%	0%	0%
	No recubierta:	56%	30%	12%	2%	0%

Los resultados esquematizados se presentan en el anexo H6.

4.4.1.1. Análisis de varianza simple (ANOVA).

Para el análisis de los datos, los puntajes numéricos para cada muestra, se tabularon y analizaron utilizando análisis de varianza (ANOVA) simple, con un software especializado en el análisis estadístico, con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras para cada atributo evaluado.

El análisis de la varianza descompone la variabilidad de los datos observados en dos componentes: un componente entre grupos, que cuantifica las diferencias entre la calificación obtenida para las muestras recubiertas y sin recubrimiento, y una

componente dentro de grupos, que cuantifica las diferencias de la calificación para cada muestra.

En la Tabla 4-29 se presenta el resumen del análisis de varianza para todos los atributos para las muestras de fresas recubiertas y sin recubrir.

Tabla 4-29. Tabla ANOVA para la evaluación de atributos por muestra de fresa

Atributo	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón F	Valor P
Olor	Entre grupos	6.25	1	6.25	7.82	0.0062
	Intra grupos	78.34	98	0.799388		
	Total (Corr.)	84.59	99			
Sabor	Entre grupos	0.25	1	0.25	0.68	0.4131
	Intra grupos	36.26	98	0.37		
	Total (Corr.)	36.51	99			
Textura	Entre grupos	0.36	1	0.36	0.68	0.4105
	Intra grupos	51.64	98	0.526939		
	Total (Corr.)	52.0	99			
Apariencia	Entre grupos	2.56	1	2.56	4.84	0.0301
	Intra grupos	51.8	98	0.528571		
	Total (Corr.)	54.36	99			

La razón F, que para el caso del “olor” y la “apariciencia” es igual a 7.81848 y 4.84324, respectivamente, representa el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05 (para un nivel de significación del 5%), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que *existe una diferencia estadísticamente significativa* entre la media de calificaciones obtenidas, para ambos atributos, entre la muestra recubierta y sin recubrir, con un nivel del 95.0% de confianza.

Por otra parte, el valor P de la prueba F, para los atributos de “sabor” y “textura”, es mayor que 0.05 (operando al 5% de nivel de significación), *no existe una diferencia estadísticamente significativa* entre la media de calificaciones obtenidas, para ambos atributos, entre la muestra recubierta y sin recubrir, con un nivel del 95.0% de confianza.

En la Tabla 4-30 se presenta el resumen del análisis de varianza para todos los atributos para las muestras de moras recubiertas y sin recubrir.

Tabla 4-30. Tabla ANOVA para la evaluación de atributos por muestra de mora

Atributo	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón F	Valor P
Olor	Entre grupos	0.01	1	0.01	0.02	0.9008
	Intra grupos	62.74	98	0.640204		
	Total (Corr.)	62.75	99			
Sabor	Entre grupos	0.49	1	0.49	0.57	0.4521
	Intra grupos	84.26	98	0.859796		
	Total (Corr.)	84.75	99			
Textura	Entre grupos	4.84	1	4.84	7.34	0.0080
	Intra grupos	64.6	98	0.659184		
	Total (Corr.)	69.44	99			
Apariencia	Entre grupos	1.96	1	1.96	3.13	0.0798
	Intra grupos	61.28	98	0.625306		
	Total (Corr.)	63.24	99			

Puesto que el valor P de la prueba F, para el atributo “textura” es menor que 0.05 (para un nivel de significación del 5%), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que *existe una diferencia estadísticamente significativa* entre la media de calificaciones obtenidas, para ambos atributos, entre la muestra recubierta y sin recubrir, con un nivel del 95.0% de confianza.

Por otra parte, el valor P de la prueba F, para los atributos de “olor”, “sabor” y “apariencia”, es mayor que 0.05 (operando al 5% de nivel de significación), por lo que se concluye que *no existe una diferencia estadísticamente significativa* entre la media de calificaciones obtenidas, para dichos atributos, entre la muestra recubierta y sin recubrir, con un nivel del 95.0% de confianza.

4.4.2. Prueba de preferencias pareadas.

En esta prueba, los panelistas debían seleccionar, de acuerdo con el código de las muestras de cada fruta, aquella que preferían. Se solicitó que, aunque no existiera inclinación por ninguna de las muestras se seleccionara una.

4.4.2.1. Análisis de resultados.

Los datos obtenidos de las preferencias de los panelistas para cada muestra fueron tabulados y se observan en la Tabla 4-31.

Tabla 4-31. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto a la preferencia de las muestras de fresa y mora

Código de la Muestra	Numero de panelistas que prefieren la muestra	% de panelista que prefieren la muestra
236	27	54%
904	23	46%
145	33	66%
789	17	34%

La Figura 4-23 muestra que el 54% de los panelistas indicaron preferir la muestra de mora sin recubrimiento y el 46% prefirieron las muestras de mora con recubrimiento. Mientras que el 66% de los panelistas seleccionaron las muestras de fresas sin recubrir y solo un 34% de los panelistas indicaron preferir las muestras de fresas con recubrimiento.



Figura 4-23 Porcentaje de preferencia en muestras de moras.



Figura 4-24. Porcentaje de preferencia en muestras de fresas.

El propósito del análisis utilizado, es determinar si basándose en el número de preferencias de cada muestra existe diferencia entre cada una de las frutas con y sin recubrimiento. Por lo tanto, se compararon el total de panelistas que preferían las frutas recubiertas contra el total de panelistas que prefirieron las frutas sin recubrir usando la prueba binomial de dos extremos.

El análisis de resultados de este apartado se realizó según la metodología empleada por (B.M Watts, G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elías, 1995) se debe determinar las variables “X” y “n” para la prueba. Siendo “X” la cantidad de panelistas que eligieron una muestra determinada y “n” la cantidad total de panelistas.

Tabla 4-32. Análisis de resultados para moras.

Muestra	Valor de (X)	Valor (n)
236	27	50

Tabla 4-33. Análisis de resultados para fresas.

Muestra	Valor de (X)	Valor (n)
145	33	50

Con los valores de “X” y “n” definidos se utiliza la tabla ANEXO H.7. para determinar la probabilidad asociada a los valores de “X” y “n” en cada prueba.

Tabla 4-34. Determinación de la probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas en moras.

Muestra	Valor de (X)	Valor (n)	Valor (p)
236	27	50	0.672

Tabla 4-35. Determinación de la probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas en fresas.

Muestra	Valor de (X)	Valor (n)	Valor (p)
145	33	50	0.033

Debido a que se necesita de un valor de (p) igual o menor a 0.05 para considerar que hay una diferencia estadísticamente significativa en las elecciones de las distintas muestras concluimos lo siguiente:

- El uso del recubrimiento en moras no afecta la preferencia de estas. Debido a que no existe una diferencia significativa entre el número de panelistas que prefirieron las moras sin recubrir sobre las moras con recubrimiento.
- El uso del recubrimiento en fresas si afecta la preferencia de estas. Debido a que existe una diferencia estadísticamente considerable entre el número de panelistas que seleccionaron las muestras de fresas sin recubrir sobre las muestras recubiertas.

Se debe tomar en cuenta que en el caso de las fresas 2 panelistas que seleccionaron la muestra 145 (Fresa sin recubrir) indicaron, en forma de observación, que no identificaban ninguna diferencia entre las muestras con y sin recubrimiento. Si este hecho es considerado y se asignan ambas selecciones a la muestra 789 (Fresa recubierta). La nueva distribución seria la siguiente.

Tabla 4-36. Determinación de la probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas en fresas

Muestra	Valor de (X)	Valor (n)	Valor (p)
145	31	50	0.119

Por lo tanto, al realizar el ajuste de selección los resultados indicarían que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el número de panelistas que seleccionaron las muestras de fresa sin recubrir sobre las muestras de fresas recubiertas.

CONCLUSIONES

1. La formulación seleccionada para ambas frutas, fue la formulación 10 compuesta por 5% P/V de almidón (50% de almidón de Sorgo y 50% de almidón de Yuca), 2% de glicerol y 0.1% P/V de sorbato de Potasio, en fresas logró minimizar el aumento del porcentaje de acidez titulable, conservó la concentración de solidos solubles totales por más tiempo, en moras también logró minimizar el cambio del porcentaje de acidez titulable.
2. La obtención de almidón de sorgo y de yuca, a nivel de laboratorio, permitió obtener un material apto y de calidad satisfactoria para el uso especificado, el rendimiento para el almidón de sorgo variedad "Centa RCV" fue de 4.31 %, y el rendimiento de extracción de almidón de yuca variedad "Suavecita" fue de 27.03 %.
3. Según el análisis proximal realizado para cada uno de los almidones extraídos la pureza del almidón de Sorgo variedad "Centa RCV" obtenido fue de 85.15% y la pureza del almidón de Yuca variedad "Suavecita" fue de 87.33%.
4. Los gránulos de almidón de Sorgo variedad "CENTA RCV", presentaron una forma poligonal e irregular, cuya área varió de 34.0688 – 393.835 μm^2 y perímetro de 20.6911 – 70.3497 μm ; los gránulos de almidón de Yuca variedad "Suavecita", presentaron una forma circular y poligonal, cuyo radio varió de 3.2931 – 11.1965 μm , área de 34.0688 – 393.835 μm^2 y perímetro de 20.6911 - 70.3497 μm .
5. Las temperaturas de gelificación de las formulaciones de recubrimiento comestible evaluadas variaron entre 68.9 °C y 74.4 ° C; la temperatura de gelificación es directamente proporcional al porcentaje de almidón de Sorgo presente en la formulación, a medida que este porcentaje aumenta, la temperatura de gelificación también incrementa.
6. La evaluación del porcentaje de acidez titulable en fresas, presentó una tendencia al aumento durante el periodo de análisis; las formulaciones que

lograron ralentizar el proceso de degradación de las fresas, resultando con los menores valores de porcentaje de acidez titulable como ácido cítrico en el día final de evaluación fueron: la formulación 4 ,7 y 10.

7. En la evaluación de acidez titulable en moras se obtuvieron valores de porcentaje de acidez titulable como ácido cítrico menores al valor de evaluación inicial, las formulaciones que presentaron los valores más altos al día final de evaluación, retrasando el proceso de maduración fueron: la formulación 9, 4 y 10.
8. En ambas frutas analizadas, moras y fresas, el pH presentó un aumento de 0.2 a 0.4 en la escala de medición, tanto en fruta recubierta como no recubierta, respaldando así la disminución de sustratos como sacarosa y glucosa en las últimas fases de maduración de las frutas, sin embargo, no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de pH obtenidos de cada una de las frutas evaluadas con las distintas formulaciones.
9. Al comparar los resultados obtenidos para la prueba de cambio de concentración de sólidos solubles. La aplicación de la biopelícula de almidón de sorgo y almidón de yuca redujo en un 7.5% la pérdida de grados Brix en fresas y 3.8% en moras. Por lo cual, el uso del recubrimiento formulado reduce la degradación de los azúcares de las frutas.
10. La prueba de permeabilidad al vapor de agua muestra que las formulaciones 4 y 10, con 1.59 % P/V y 2 % P/V de glicerol, respectivamente, presentaron menor valor de permeabilidad al vapor de agua; por otra parte, las formulaciones con mayor valor de permeabilidad fueron la 5 y 6, cuyo contenido de glicerol varía entre 3 % P/V y 4 % P/V, en base a lo anterior inferimos que el uso de plastificante tienen un efecto significativo sobre la cantidad de vapor de agua que atraviesa la superficie de la biopelícula, es decir, a mayor porcentaje de glicerol, mayor permeabilidad al vapor de agua.
11. En la prueba de solubilidad al agua, los valores menores presentan una ventaja en la aplicación del recubrimiento en frutas, por la baja temperatura

- y humedad relativa de almacenamiento, además, el porcentaje de materia soluble aumenta a mayores valores de glicerol.
12. Las biopelículas formuladas son 100% biodegradables y su tiempo de desintegración física varía entre 14 y 18 días.
 13. Las biopelículas que en su composición poseen mayor porcentaje de almidón de sorgo presentan menor porcentaje de tramitancia, caso contrario ocurre cuando el porcentaje de almidón de sorgo utilizado en las formulaciones es menor, como consecuencia, el porcentaje de tramitancia aumenta.
 14. En base a los diagramas de Pareto estandarizados realizados en el análisis de diseño experimental, el factor “porcentaje de almidón de Sorgo” presentó un efecto estadísticamente significativo en el parámetro de transparencia. El factor “porcentaje de glicerol” presentó un efecto estadísticamente significativo en los parámetros de solubilidad al agua y permeabilidad al vapor del agua, al aumentar el porcentaje de glicerol en las formulaciones, aumenta el porcentaje de biopelícula soluble en agua y el valor de permeabilidad al vapor del agua.
 15. Según los diagramas de Pareto estandarizado realizados en el análisis del diseño experimental en la evaluación de fresas, el factor “porcentaje de glicerol”, tiene un efecto estadísticamente significativo en la variable respuesta de porcentaje de acidez titulable, cuando el porcentaje de glicerol en las formulaciones es aumentado, el valor de porcentaje de acidez titulable como ácido cítrico también aumenta.
 16. En cuanto a parámetros físicos, la formulación seleccionada presentó valores de: 7.5% de tramitancia, de 6.00×10^{-5} g/h*m*Pa de permeabilidad al vapor de agua y 36.0388 % de solubilidad en el agua, siendo uno de los recubrimientos más transparentes, menos permeables al vapor del agua y menos solubles en agua, con un valor de biodegradabilidad de aproximadamente 16 días.
 17. Bajo las condiciones de almacenamiento de 2.7 ° C y 29% de humedad relativa, el periodo de vida de anaquel de las frutas no recubiertas fue de: 14

días en moras y 10 días en fresas, al aplicar la formulación 10 compuesta por en ambas frutas se logró extender su periodo de vida de anaquel a: 19 días en moras y 17 días en fresas.

18. Los resultados del análisis de aceptabilidad por medio de la prueba hedónica, se analizaron estadísticamente por medio del análisis de varianza (ANOVA) simple, con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre muestras para cada atributo evaluado, obteniendo así que para los atributos de olor y apariencia, si existe diferencia estadísticamente significativa entre muestras de fresas recubiertas y sin recubrimiento y no existe diferencia significativa entre el sabor y la textura; por otra parte, solo existe diferencia estadísticamente significativa en la textura entre muestras de moras recubiertas y sin recubrimiento, para los atributos de olor, sabor y apariencia no existen diferencias significativas entre muestras de moras.
19. A partir de los datos obtenidos en la prueba de preferencia pareada no existe diferencia entre las frutas con recubrimiento y sin recubrimiento. Es decir el uso del recubrimiento no disminuye de forma considerable la probabilidad de que una persona elija ese fruto en lugar de un fruto sin recubrimiento.
20. El uso de una mezcla de almidón de sorgo y almidón de yuca permitió obtener una formulación con mejor maleabilidad y menor viscosidad; conservando, la transparencia y el brillo al aplicarse como recubrimiento en frutas.

RECOMENDACIONES

1. Se propone el uso de la biopelícula seleccionada compuesta por 5% P/V de almidón (50% de almidón de Sorgo y 50% de almidón de Yuca) y 2% de glicerol, para el estudio de vida de anaquel de otro tipo de frutos e incluso verduras.
2. Realizar un diseño de planta para los proceso de extracción de ambos almidones así como la aplicación del recubrimiento en productos frescos, consolidando así la presente investigación.
3. Realizar mejoras a los procesos de extracción de almidón de Yuca y Sorgo con el fin de optimizarlos y obtener mayores rendimientos.
4. Con el fin de explorar nuevas fuentes de extracción de almidón, se propone realizar un estudio para la elaboración de recubrimientos comestible a partir de materias primas no tradicionales como camote, malanga, y tubérculos de poco consumo humano.
5. Realizar pruebas de aplicación del recubrimiento seleccionado, inmediatamente, luego de ser cosechados los frutos, con el objetivo de observar algún cambio en el comportamiento de variables como porcentaje de pérdida de peso, cambio de acidez titulable, pH y °Brix.
6. Se recomienda llevar a cabo un estudio de impacto ambiental que propicie la optimización de los recursos utilizados en la elaboración y aplicación del recubrimiento comestible, así como generación de mecanismos de control de residuos y desechos que minimicen o reduzcan el daño al medio ambiente.
7. Proponer e impulsar el valor agregado que genera la utilización de recubrimientos comestibles en productos frescos en distintos sectores de la industria alimenticia de El Salvador.

GLOSARIO

A

Aquenos

Término botánico que debería aplicarse exclusivamente a un fruto seco derivado de un ovario supero, indehiscente, monocarpelar y con la semilla no adherida al pericarpio., 43

B

Birrefringencia

Propiedad optica de ciertos cuerpos, que consiste en desdoblarse un rayo de luz incidente en dos rayos linealmente polarizados de manera perpendicular entre si como si el material tuviera dos índices de refracción distintos., viii, 26

C

Carnauba

Tipo de cera que se obtiene de las hojas de la palma Copernicia prunifera., 17

Carragenina

Mezcla de varios minerales que se encuentran relleno los huecos en la estructura de celulosa de las paredes celulares de algunas algas., 16

F

Fitohormona

Hormona de origen vegetal., 10

P

Pedúnculo

Prolongación del tallo, rabillo que se sostiene de la flor y posteriormente a su fecundación su fruto., 62

Pericarpio

Parte del fruto que recubre su semilla y consiste en el ovario fecundado, 58

Prueba de preferencia pareada

Prueba que determina si hay diferencias en alguna dimensión específica entre dos muestras, 167

Prueba hedónica

prueba que involucra jueces imparciales, que no han sido previamente entrenados para realizar un análisis de tipo sensorial, la prueba busca que este califique el producto que se plantea en evaluación con un grado de aceptación donde la escala va de "Me desagrada mucho" a "Me gusta mucho"., vii

R

Ralentización

Hacer más lenta una actividad o proceso., 115

Receptáculo

Extremo del pedúnculo de la flor donde se asientan los verticilos florales (flores, petalos u otros organos), 43

S

Senescencia

Estrés y daño ocurrido en una célula, y constituye una ruta alternativa de respuesta a la muerte celular programada., 10

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achupiz, S. M., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L., y Navia, D. P. (2013). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 93-98.
- Aduanas de El Salvador. (s.f.).
- AgroLibertad. (2013). *Ficha técnica para el cultivo de la fresa (Fragaria X ananassa)*. Obtenido de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20para%20el%20Cultivo%20de%20la%20Fresa_0.pdf
- Alcázar-Alay, S. C., y Meireles, M. A. (25 de Mayo de 2015). *Scielo brazil*. Obtenido de Scielo brazil: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612015000200215
- Ambigaipalan, P. H., Liu, Q., Jaiswal, S., Chibbar, R., Nantanga, K. K., y Seetharaman, K. (2011). Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. *Food Research International*, 2962-2974.
- AOAC. (1984). *Official Methods of analysis*. Virginia: Association of Official Analytical Chemist.USA
- AOAC International. (1990). *AOAC International: Oficial Methods of Analysis*. Arlington.USA
- Aristizabal, J., y Sanchez, T. (2007). *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Arrieta, M., Peltzer, M., Garrigos, M. d., y Migallon, A. (2008). *Desarrollo de un sistema de envasado activo: Biopelículas de proteínas lácteas para un desarrollo sostenible*. Alicante: Fundación MAPFRE.
- Avigdori, H. (1986). Strawberry. En S. Monselise, *Handbook of fruit set and development* (págs. 419-448). Florida: CRC press.
- B.M Watts, G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elías. (1995). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ottawa: International Development Research Center.
- Bajaj, Y. P. (1988). *Biotechnology in agriculture and forestry. Crop I*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Barco Hernández, P. L., Burbano Delgado, A. C., Mosquera Sánchez, S. A., Villada Castillo, H. S., Y Navia Porras, D. P. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación*, 96-103.

- Bello Lara, J., Balois Morales, R., Juárez López, P., Alia Tejacal, I., Peña Valdivia, C. B., Jiménez Zurita, J., . . . Jiménez Ruíz, E. I. (2016). Recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' (Musa ABB), y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' en postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 209-218.
- Bello-Pérez, L. A.-L. (1996). Starch and amylopectin - effects of solutes on clarity of pastes. . *Starch*, 205-207.
- BeMiller, J. N. (2011). Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations. *Carbohydrate Polymers*, 386–423.
- BeMiller, J. N., y Whistler, R. L. (2009). *Starch: chemistry and technology*. Oxford: Academic Press.
- Biliaderis, C., Lazaridou, A., y Arvanitoyannis, I. (1999). Glass transition and physical properties of polyol-plasticised pullulan–starch blends at low moisture. *Carbohydrate Polymers*, 29–47.
- Buléon, A., Colonna, P., Planchot, V., y Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85-112.
- Calderón Gómez, L. E. (2015). *Caracterización del sistema de comercialización de la fresa en fresco en la provincia de Soacha-Bogotá D.C.* . Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6451/1/Trabajo%20de%20grado%20Luis%20E.%20Calder%C3%B3n.pdf>
- Cantwell, M. (2001). *Properties and recommended conditions for long-term storage of fresh fruits and vegetables*. . Los Angeles : UCDavis .
- Casaca, Á. D. (Abril de 2005). Documento técnico. *Guías Tecnológicas de frutas y vegetales*. Costa Rica.
- CENTA. (Marzo de 2007). Guía técnica. *Guía técnica del Sorgo Sorghum bicolor (L.) Moench*. San Andrés, La libertad, El Salvador.
- CENTA. (2015). *Análisis bromatológicos*. Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador.
- CENTA. (31 de Junio de 2017). Análisis granulométrico en harinas. *Análisis granulométrico en almidón de Sorgo y almidón de Yuca*. La libertad, El Salvador.
- CENTA. (Mayo de 2017). Resultados de análisis bromatológicos . *Análisis bromatológico de almidón de Sorgo y Yuca*. La libertad, El Salvador: Laboratorio de Química Agrícola.
- Charro Espinosa, M. M. (2015). Trabajo de grado. *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. Quito, Ecuador.
- Cheetham, N. W., y Tao, L. (1998). Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. *Carbohydrate Polymers*, 277–284.

- Chiquiza-Montaño, Laura N, Montoya, Olga I, Restrepo, Claudia, y Orozco-Sánchez, Fernando. (2016). Estudio de la Microbiota del Proceso de Producción de Almidón Agrícola de Yuca. *Información Tecnológica*, 3-14. Obtenido de Información tecnológica,.
- Conde-Petit, B., Nuessli, J., Arrigoni, E., Escher, F., y Amadó, R. (2001). *Perspectives of starch in food science*. . Chimia.
- Connors, K. A. (1981). *Curso de análisis farmacéutico* . Barcelona: Reverté, S. A.
- Craig, S. A., Maningat, C. C., Seib, P. A., y Hosney, R. C. (1989). Starch paste clarity. *Cereal chemistry*, 173-182.
- Cumplido Laso, G. (Diciembre de 2012). *Functional characterization of strawberry (Fragaria X Ananassa) fruit - specific and ripening - related genes involved in aroma and anthocyanins biosynthesis*. Obtenido de <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/9362/2013000000695.pdf?sequence=1>
- Dall, R. K. (2013). Avances en recubrimientos comestibles para frutas y vegetales frescos. *Food Science and Nutrition*, 436.
- De Ancos, B., González Peña, D., Colina Coca, C., y Sánchez Moreno, C. (2015). Uso de recubrimientos comestibles en productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 8-17.
- Dhall, R. K. (2016). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and vegetables. *Food science and nutrition*, 436.
- Donovan, J. W. (1979). Phase transitions of the starch–water system. *Biopolymers*, 263-275.
- Ellis, R. P., Cochrane, P., Dale, M. F., Duffus, C. M., Lynn, A., Morrison, I. M., .Tiller, S. A. (1998). Starch production and industrial use. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 289–311.
- Escuela Agrícola Panamericana, Universidad Zamorano. (s.f.). *Propuesta de normas de calidad de grano para Centroamérica*. Francisco Morazán, Honduras.
- FAO. (1995). El sorgo y el mijo: en la nutrición humana. Roma, Italia.
- FAO. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado*. Roma: FAO.
- FAO. (2014). *Appropriate food packaging solutions for developing countries*. Roma.
- FAO. (10 de marzo de 2017). FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/x5062S/x5062S09.htm>

- FAO. (14 de Marzo de 2017). *FAO, Food and agriculture organization of the united nations*. Obtenido de FAO, Food and agriculture organization of the united nations: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., y Falcón Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 53.
- Figuroa, J. A., Salcedo, J. G., y Narváez, G. J. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins). *Temas Agrarios*, 94-105.
- Gaillard, T. (1987). Starch availability and utilization. En T. Gaillard, *Starch: Properties and potencial* (págs. 1-15). New York: Wiley.
- García, M. A., Matino, M. N., y Zaritzky, E. (2001). Composite starch-based coatings applied to strawberries (*Fragaria ananassa*). *Molecular Nutrition y Food Research*, 224–301.
- González Araiza, J. R. (abril de 2014). *Impedancia bio-electrica como técnica no destructiva para medir la firmeza de la fresa (Fragaria X ananassa Duch) y su relación con técnicas convencionales*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/37513/GONZ%C3%81LEZ%20-%20IMPEDANCIA%20BIO-EL%C3%89CTRICA%20COMO%20T%C3%89CNICA%20NO-DESTRUCTIVA%20PARA%20MEDIR%20LA%20FIRMEZA%20DE%20LA%20FR ESA....pdf?sequence=1>
- Gryszkin, A., Zięba, T., Kapelko, M., y Buczek, A. (2014). Effect of thermal modifications of potato starch on its selected properties. *Food Hydrocolloids*, 122–127.
- Guerreiro, A. C., Gago, C. M., Faleiro, M. L., Miguel, M. G., y Antunes, M. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 51-60.
- Guerrero Beltran, J. A., y Vázquez Briones, M. C. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas.
- Harlan, J. R., y De Wet, J. M. (1972). A simplified Classification of cultivated Sorghum. *Crop Science*, 172-176.
- Hernández Medina, M., Torruco Uco, J. G., Guerrero, L. C., y Betancur Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *SciELO, ciencia y tecnología de alimentos*.
- Hoover, R. (2000). Acid-treated starches. *Food reviews international*, 369-392.
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, 253–267.

- Hytonen, T. (2014). Regulation of strawberry growth and development. *ResearchGate*, 10.
- Ibrahim, M. A., Sharoba, A. M., El Waseif, K. H., El Mansy, H. A., y El Tanahy, H. H. (2017). Effect of Edible Coating by Chitosan with Lemongrass and Thyme Oils on Strawberry Quality and Shelf Life during Storage. *Journal of Food Technology and Nutritional Sciences*, 1-11.
- ICONTEC Instituto Colombiano de Normas técnicas y certificación. (16 de Junio de 1999). Norma técnica colombiana. *Productos de frutas y verduras. Determinación de acidez titulable*. Bogotá, Colombia: ICONTEC.
- IICA. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de ACADEMIA:
http://www.academia.edu/6149263/MANUAL_TÉCNICO_DE_LA_YUCA
- Iranna S., U., A. K., S., y G. M., G. (2012). Extraction and characterization of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) starch. *International Food Research Journal*, 315-319.
- Jacobson, M. R., Obanni, M., y Bemiller, J. N. (1997). Retrogradation of Starches from Different Botanical Sources. *Cereal chemistry*, 511-518.
- Jane, J.-L., Kasemsuwan, T., Leas, S., Zobel, H., y Robyt, J. F. (1994). Anthology of Starch Granule Morphology by Scanning Electron Microscopy. *Starch*, 121–129.
- Jasmien Waterschoot, G. S., Fierens, E., y Delcour, J. A. (2011). Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch*, 14–29.
- Jenkins, P. J., Cameron, R. E., y Donald, A. M. (1993). Starch. *A Universal Feature in the Structure of Starch Granules from Different Botanical Sources*, 417–420.
- Jiménez, A., María José FabraPau, M. J., y Amparo Chiralt, T. (2012). Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 2058–2076.
- Joo, M., Lewandowski, N., R, A., Harte, J., y Almenar, E. (2011). Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chemistry*, 1734-1740.
- Kramer, M. (2009). Structure and Function of Starch-Based Edible films and coatings. En M. Embuscado, y H. Huber, *Edible Films and Coatings for food applications* (págs. 113-134). New york: Springer.
- L. Carrillo y M. Carina Audisio. (2007). *Manual de Microbiología de los alimentos*. San Salvador de Jujuy: Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNJU.
- Leszczyński, W. (2004). Resistant starch – classification, structure, production. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 37-50.

- Liria Domínguez, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Lima, Perú.
- Liria Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de los alimentos*. Lima: Instituto de Investigación Nutricional.
- Liu, H., Lelievre, J., y Ayoung-Chee, W. (1991). A study of starch gelatinization using differential scanning calorimetry, X-ray, and birefringence measurements. *Carbohydrate Research*, 79-87.
- Máquez, C. J., y Ciro, H. J. (2002). DESHIDRATACIÓN DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus*) BAJO RÉGIMEN CONVECTIVO CON AIRE FORZADO. *Facultad Nacional de Agricultura*, 1587-1600.
- Márquez Hernandez, Y. M. (2010). *Formulación y caracterización de recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche y almidones modificados*. Queretaro, México.
- Marschner, H. (2002). *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic press.
- Matta Fakhouria, Faryde; Martelli, Silvia Maria; Caon, Thiago; Velasco, José Ignacio. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 57-64.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. (2012). *FRAGARIA SPP. ROSACEAE*. Obtenido de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_fresa.pdf
- Miramont, S. (2012). *Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobianas carvacrol y sorbatos*. Buenos Aires: UTN.BA.
- Morales Reyes, M. A. (abril de 2011). Obtenido de Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola : <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/474/61786s.pdf?sequence=1>
- Nuwamanya, E., y Baguma, Y. W. (2013). A comparative study of the physicochemical properties of starches from root, tuber and cereal crops. *African Journal of Biotechnology*, 12018-12030.
- Pastor Navarro, C. (Julio de 2010). Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Valencia.
- Pérez Gallardo, A., García Almendárez, B., Barbosa Cánovas, G., Pimentel González, D., Reyes González, L. R., y Regalado, C. (2015). Effect of starch-beeswax coatings on quality parameters of blackberries (*Rubus* spp.). *Journal of food science and technology*, 5601–5610.

- Pérez, S., y Bertoft, E. (2010). The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch*, 389–420.
- Quintero, C. J., Falguera, V., y Muñoz, H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 93-118.
- Ramírez Navas, J. S. (2012). *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Cali: Universidad del Valle.
- Ramírez, J., Aristizabal, I., y Restrepo, J. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *VITAE, Revista de la facultad de química farmaceutica*, 172-183.
- Rieger, M. (1 de Agosto de 2012). *Fruit-crops*. Obtenido de Fruit-crops: <http://www.fruit-crops.com/blackberry-and-raspberry/>
- Salinas Moreno, Y., Pérez Herrera, P., Castillo Merino, J., y Álvarez Rivas, L. A. (2003). RELACIÓN DE AMILOSA: AMILOPECTINA EN EL ALMIDÓN DE HARINA NIXTAMALIZADA DE MAÍZ Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE LA TORTILLA. *Revista Fitotec, México*, 115 – 121.
- Santana, A. L., y Meireles, M. A. (2014). New starches are the trend for industry applications: a review. *Food and Public Health*, 229-241.
- Sasaki, M., Zhen, F., Fukushima, Y., Adschiri, T., y Arai, K. (2000). Dissolution and Hydrolysis of Cellulose in Subcritical and Supercritical Water. *Industrial y Engineering chemistry research*, 2883–2890.
- Schirmer, M., Jekle, M., y Becker, T. (2015). Starch gelatinization and its complexity for analysis. *Starch*, 30--41.
- Secretaria de Agricultura y desarrollo cultural. (2014). Manual técnico. *Manual técnico de cultivo de mora bajo buenas prácticas de agricultura*. Medellín.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh Sodhi, N., y Singh Gill, B. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 219–231.
- Smith, A. (2001). The Biosynthesis of Starch Granules. *Biomacromolecules*, 335–341.
- Snee, R. (1971). "Design and Analysis of Mixture Experiments.". *Journal of Quality Technology*, 159-169.
- Šubarić, D., Ačkar, Đ., Babić, J., Sakač, N., y Jozinović, A. (2012). Modification of wheat starch with succinic acid/acetic anhydride and azelaic acid/acetic anhydride mixtures I. Thermophysical and pasting properties. *Journal of Food Science and Technology*, 2616-2623.

- Tapia, M., Rodríguez, P., Gúzman, R., Ducamp, M., Tran, T., y Rolland, A. (2012). Some properties of starch and starch edible films from under-utilized roots and tubers from the Venezuelan Amazons. *Journal of cellular plastics*, 526–544.
- Tester, R. F., y Debon, S. J. (2000). Annealing of starch — a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1-12.
- Tester, R. F., Karkalas, J., y Qi, X. (2004). Starch composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 151–165.
- Treviño Garza, M. Z., García, S., Flores González, M. d., y Arévalo Niño, K. (2015). Edible Active Coatings Based on Pectin, Pullulan, and Chitosan Increase Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Food Science*.
- Ulbrich, M. N., y Flöter, E. (2014). Acid modification of wheat, potato, and pea starch applying gentle conditions—impacts on starch properties. *Starch*, 903–913.
- Valenzuela, C., Tapia, C., López, L., Bungler, A., Escalona, V., y Abugoch, L. (2015). Effect of edible quinoa protein-chitosan based films on refrigerated strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality. *Electronic Journal of Biotechnology*, 406–411.
- Vasquez Lara, J. L., y Vidal López, M. B. (Enero de 2011). Trabajo de graduación. *CARACTERIZACION Y ALTERNATIVA DE USO DE UNA PELICULA BIODEGRADABLE DE QUITOSANO APARTIR DE LA EXTRACCION DE QUITINA DELANGOSTINO (Pleuroncodes planipes) PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA*. San Salvador, El Salvador.
- Versino, F., Lopez, O. V., Garcia, M. A., y Zaritzky, N. E. (2016). Starch-based films and food coatings: An overview. *Starch*, 1026–1037.
- Villada, H. S., y Joaqui, D. F. (2013). Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 59-68.
- Villegas, C., y Albarracín, W. (2016). Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla. *VITAE, Revista de la facultad de ciencias farmaceuticas y alimentarias*, 202-209.
- Viñas, I. (17 de Noviembre de 2015). Aspectos microbiológicos relacionados con el procesado de frutas y hortalizas. Montblanc, Lleida.
- Vu, K., Hollingsworth, R., Leroux, E., Salmieri, S., y Lacroix, M. (2011). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 198–203.
- Xie, F., Yu, L., Chen, L., y Li, L. (2008). A new study of starch gelatinization under shear stress using dynamic mechanical analysis. *Carbohydrate Polymers*, 229–234.
- Zhang, P., Whistler, R. L., BeMiller, J. N., y Hamaker, B. R. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review . *Carbohydrate Polymers*, 443–458.

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A.1.

Extracción del almidón de yuca

Método: Extracción mecánica (no enzimática) (IICA).

Materiales y reactivos:

Licadora industrial	Yuca
Recipiente para sedimentación	Agua potable
Balanza semi-analítica	Cuchillo
Balanza granataria	Estufa
Deshidratador	Colorímetro
Balanza analítica de humedad	

Procedimiento:

1. Evaluar la materia prima a emplear, seleccionando aquella que carezca de daños causados por insectos o alguna enfermedad.
2. Eliminar cualquier tipo de raicillas, pedúnculos y tierra adherida que podrían estar presentes en las raíces.
3. Tomar la masa de la cantidad de yuca a emplear para la extracción de almidón.
4. Lavar las raíces.
5. Descascarar utilizando un cuchillo y una solución de agua potable con cloro en dosis de 28.6 g/m³ de agua.
6. Tomar la masa de los tubérculos mondados y la de la cáscara retirada.
7. Disminuir el tamaño del tubérculo ya mondado.
8. Triturar los trozos de tubérculo en una licadora industrial, añadiendo un poco de agua potable.

9. Colocar en un recipiente, añadiendo la cantidad de agua necesaria para igualar en masa a la cantidad de yuca mondada, mezclar bien.
10. Filtrar haciendo uso de mantas para colar, colocando lo el líquido blanco en un recipiente para el proceso de sedimentación.
11. Agregar de nuevo agua a la masa retenida en la manta hasta que el líquido deje de ser blanco
12. Dejar sedimentar por 2 horas.
13. Separar el sobrenadante líquido del almidón por medio de decantación.
14. Secar el almidón en un deshidratador, teniendo el cuidado de no sobrepasar la temperatura de gelatinización, llegando a una humedad menor al 14%.
15. Tomar la masa del almidón seco.

Procesamiento de la información

16. Tanto el dato de la masa de tubérculo inicial sin cascara como el de almidón obtenido, serán empleados para el cálculo del rendimiento.

$$\% \text{ Rendimiento de almidón de yuca} = \frac{\text{masa de almidón seco}}{\text{masa de yuca mondada}} * 100$$

ANEXO A.2.

Método de blanqueo, detección cualitativa de sorgo con taninos.

Método: De blanqueo (Escuela Agrícola Panamericana, Universidad Zamorano)

Materiales y reactivos:

Beaker 200 mL	Hipoclorito de sodio NaClO
Balanza semianalítica	Hidróxido de Potasio KOH
Balón volumétrico de 1000 mL	Agua destilada
Papel toalla	
Colador	

Procedimiento:

1. Tomar una muestra representativa del sorgo a emplear y medir una masa de 15 g \pm (1.5 g), limpio y sin ningún tipo de daño.
2. Colocar el sorgo en un beaker de 500 mL.
3. Mezclar en un beaker de 200 mL 5 g \pm (1 g) de KOH y 40 mL de una solución Hipoclorito de sodio comercial al 5%, agitar hasta completa disolución del KOH.
4. Agregar la mezcla anteriormente preparada al beaker de 500 mL y agitar.
5. Agitar cada 5 minutos durante 20 minutos.
6. Verter sobre un colador y lavar con suficiente agua para eliminar el pericarpio, el cloro y el KOH.
7. Colocar los granos de sorgo en papel toalla y dejar secar.
8. Observar la coloración de los granos sin pericarpio, la presencia de una coloración café oscura en el grano indicará la presencia de taninos.
9. Tomar la masa de los granos que tomaron una coloración café oscura.

Procesamiento de la información

10. Para el cálculo del porcentaje de granos con taninos se utilizará la siguiente fórmula

$$\% \textit{ Granos con taninos} = \frac{T * 100}{ma}$$

Donde:

T= masa de granos con taninos

ma= Masa de muestra blanqueada

ANEXO A.3.**Extracción de almidón de sorgo**

Método: Extracción mecánica (no enzimática) (Iranna S., A. K., y G. M., 2012).

Materiales y reactivos:

Licadora industrial	Sorgo
Recipiente para sedimentación	Agua potable
Balanza semi-analítica	Cuchillo
Balanza granataria	Estufa
Deshidratador	Colorímetro
Balanza analítica de humedad	

Procedimiento:

1. Evaluar la materia prima, eliminando las impurezas (piedras, sorgo en mal estado, suciedad).
2. Pesar la masa de sorgo a emplear para la extracción de almidón.
3. Con el objetivo de descascarillar los granos de sorgo, colocarlos en una solución de NaOH (0.25% p/v) por 24 horas en refrigeración. Relación: 100 g de sorgo-200 ml de solución.
4. Pasadas las 24 horas, los granos empapados se lavarán y se molerán con un volumen igual de agua potable usando una licuadora industrial.
5. Colocar en un recipiente, añadiendo la cantidad de agua necesaria para realizar el primer lavado, mezclar bien.
6. Dejar reposar la mezcla en refrigeración por 24 horas.
7. Pasar la mezcla por un colador para retirar las partículas más gruesas

8. Filtrar lo que pasa por el colador haciendo uso de mantas para colar, colocando el líquido blanco en un recipiente para el proceso de sedimentación. *
9. Dejar sedimentar por 2 horas.
10. Separar el sobrenadante líquido del almidón por decantación.
11. Secar el almidón en un deshidratador, teniendo el cuidado de no sobrepasar la temperatura de gelatinización, llegando a una humedad menor al 14%.
12. Tomar la masa del almidón seco.

*Todo lo que queda en el colador y en la manta, colocarlo en un recipiente y adicionar el doble de agua potable para el segundo lavado y repetir el proceso dos veces más.

Procesamiento de la información

13. Tanto el dato de la masa de tubérculo inicial sin cascara como el de almidón obtenido, serán empleados para el cálculo del rendimiento.

$$\% \text{Rendimiento de almidón de sorgo} = \frac{\text{masa de almidón seco}}{\text{masa de grano de sorgo}} * 100$$

ANEXO B

ANEXO B.1.

Composición proximal y pureza de los almidones obtenidos (Tapia, y otros, 2012)

La composición proximal (Humedad, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas) del almidón obtenido de cada una de las fuentes botánicas (Yuca y Sorgo) será obtenido en porcentaje %P/P (AOAC International, 1990), El grado de pureza se determinara a partir de la diferencia entre 100 y el porcentaje de humedad, proteína cruda, extracto etéreo y contenido de cenizas, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Pureza} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteína} + \% \text{extracto etereo} + \% \text{cenizas})$$

ANEXO B.2.

Determinación de % humedad

Método: Muestras con porcentaje menor a 15% de humedad.

Materiales y reactivos:

Capsulas de aluminio	Balanza Analítica, con precisión de 0.1 mg.
Desecador	Estufa, 105 ± 2 °C.
Muestra de almidón	

Procedimiento:

1. Preparación de la estufa:
 - 1.1. Verifique las conexiones eléctricas de la estufa para luego encenderla.
 - 1.2. Esperar a que la estufa llegue a la temperatura deseada (103 – 105°C) verificando que no exista fuga de calor.
2. Preparación del desecador:
 - 2.1. Colocar una cantidad considerable de Silica gel en la bandeja del desecador.
 - 2.2. La Silica gel se somete a calentamiento por 45 minutos con el fin de activarla.
 - 2.3. Luego se retira del calentamiento y es colocada en el desecador para evitar que este absorba humedad que interfiera con el análisis.
3. Preparación de las capsulas:
 - 3.1. Se seleccionan las capsulas de aluminio y se identifican según el criterio del analista (ya sean con números o letras)
 - 3.2. Se llevan a peso constante, es decir se calientan por 45 minutos en estufa y luego se dejan enfriar en el desecador.
4. Selección del tamaño de la muestra:

- 4.1. Se homogeniza la muestra en caso que fuese necesario.
- 4.2. Pesar aproximadamente de 2 gramos de muestra en capsulas debidamente identificadas y taradas.
5. Análisis de muestra (Para el porcentaje de Humedad):
 - 5.1. Colocar la capsula con la muestra ya pesada en la estufa.
 - 5.2. Esperar a que la estufa llegue a temperatura constante luego de haber colocado dentro de ella la capsula con la muestra.
 - 5.3. Inmediatamente después que la estufa llegue a temperatura constante se toma el tiempo de 2 horas.
 - 5.4. Posterior a las 2 horas de exposición de la muestra en la estufa, se procede a retirarla de esta y se coloca en el desecador.
 - 5.5. Esperar a que la muestra este completamente fría para poder tomar el peso final.

Procesamiento de la información

La humedad se determinará a partir de la siguiente formula

$$\% \text{humedad} = \frac{(b-c) \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

b= peso de la capsula con muestra húmeda.

c= peso de la capsula con muestra seca.

ANEXO B.3.**Determinación de cenizas****Materiales y reactivos:**

Horno de incineración (Mufla)	Crisoles de porcelana de 5.3 cm de diámetro (50 ml para análisis de elementos traza).
Balanza Analítica, con precisión de 0.1 mg	Desecador
Almidón	

Procedimiento

1. Preparación de la mufla:
 - 1.1. Verifique las conexiones eléctricas de la mufla para luego encenderla.
2. Preparación de las crisoles:
 - 2.1. Se seleccionan los crisoles de porcelana de 5.3 cm de diámetro (de 50 ml). y se identifican según el criterio del analista (ya sean con números o letras),
 - 2.2. Se llevan a peso constante, es decir se calientan por 45 minutos en estufa y luego se dejan enfriar en el desecador.
3. Selección del tamaño de la muestra:
 - 3.1. Se homogeniza la muestra en caso que fuese necesario (por ejemplo: concentrados materias primas etc.).
 - 3.2. Pesar aproximadamente de 1.0 gramos de muestra en crisoles debidamente identificados y tarados.
4. Análisis de muestra:
 - 4.1. Colocar el crisol con la muestra ya pesada en la mufla.
 - 4.2. Poner en funcionamiento la mufla y programarla a temperatura de 600 °C

- 4.3. Esperar a que la mufla llegue a temperatura constante luego de haber colocado dentro de ella el crisol con la muestra.
- 4.4. Inmediatamente después que la estufa llegue a temperatura constante se toma el tiempo de 10 horas.
- 4.5. Posterior a las 10 horas de exposición de la muestra en la mufla, se procede a retirarla de esta y se coloca en el desecador.
- 4.6. Esperar a que la muestra este completamente fría para poder tomar el peso final

Procesamiento de la información

El porcentaje de ceniza se determinará a partir de la siguiente formula:

$$\% \text{de cenizas} = \frac{(w \text{ muestra calcinada}) - (w \text{ crisol vacío}) \times 100}{(w \text{ muestra seca})}$$

W: peso de muestra.

ANEXO B.4.

Determinación de proteína

- Materiales y reactivos:

Cámara de extracción de gases	Hidróxido de sodio 50%
Destilador	Mezcla catalizadora: (15g K ₂ SO ₄ +0.6g CuSO ₄ .5H ₂ O)
Aparato microkjeldahl de digestión	Ácido sulfúrico
Balones microkjeldahl de 30 ml	Peróxido de hidrogeno
Balanza analítica	Ácido bórico 4%
Espátula	Indicador shiro tachiro
Lámina acanalada para pesar.	

Procedimiento

1. Selección del tamaño de la muestra:
 - 1.1. Se homogeniza la muestra en caso que fuese necesario.
 - 1.2. Pesar aproximadamente de 0.100 gramos de muestra en balones debidamente identificados y tarados.
2. Análisis de muestra :
 - 2.1. Agregar 1 gramo de mezcla de catalizador a la muestra, más 2 ml de H₂SO₄ conc y 2 ml de H₂O₂
 - 2.2. Colocar en el digestor, en un inicio calentar suave, luego aumentar la temperatura hasta obtener un líquido cristalino.
Aproximadamente 8 horas.
 - 2.3. Enfriar la muestra
 - 2.4. Encender el equipo de destilación y abrir la válvula de agua del refrigerante
 - 2.5. Introducirla en un destilador haciendo lavados dos lavados con agua destilada (procurando no usar más de 50 ml)
 - 2.6. Agregar 10 ml de NaOH al 50%.
 - 2.7. Calentar y recibir NH₃ resultante en 8ml solución de H₃BO₃ 4%
Conteniendo indicador shiro tachiro.
 - 2.8. De destilan hasta 50 ml (el color morado pasa a verde en los primeros instantes de burbujeo).
 - 2.9. Se titula con solución H₂SO₄ 0.025 N. hasta que la última gota vira nuevamente a violeta.

Procesamiento de la información

La proteína cruda se obtiene de la siguiente manera:

$$\%N = \frac{\text{ml. gast. H}_2\text{SO}_4 \times 0.025 \times 0.014008}{W} \times 100$$

W

W= peso de muestra

N= 0.025-normalidad.

% proteína= se multiplicaba %N por un factor específico (uno de ellos es 6.25)
(para algunos materiales hay una tabla de factores de conversión específica)

ANEXO B.5.

Determinación de extracto etéreo

Material y reactivos

Aparato de extracción de grasa (soxhlet)	Beaker de 250 ml
Balón de 250 mL	Cámara de extracción de gases
Dedal de extracción de porcelana	Éter de petróleo
Algodón	
vaselina	

Procedimiento

1. Preparación de los balones:
 - 1.1. Se seleccionan los balones y se identifican según el criterio del analista (ya sean con números o letras)
 - 1.2. Se llevan a peso constante, es decir se calientan por 45 minutos en estufa y luego se dejan enfriar en el desecador, posteriormente tarar.
2. Selección del tamaño de la muestra:
 - 2.1. Se homogeniza la muestra en caso que fuese necesario (por ejemplo: concentrados materias primas etc.).
 - 2.2. Pesar aproximadamente de 4 gramos de muestra en dedales identificados y cubrir con algodón
3. Preparación del soxhlet:
 - 3.1. Verifique las conexiones eléctricas del equipo para luego encenderlo.

- 3.2. Abrir la válvula de agua del refrigerante y encender el equipo a temperatura menor del punto de ebullición del solvente
4. Análisis de muestra (Para el porcentaje de grasa):
 - 4.1. Colocar el dedal con la muestra ya pesada en la corneta del equipo soxhlet
 - 4.2. Antes de unir la corneta con el balón colocar una mínima cantidad de vaselina
 - 4.3. Armar el equipo de extracción y adicionar los 275 ml de éter de petróleo
 - 4.4. Colocar la muestra en el equipo y extraer durante 16 horas aproximadamente.
 - 4.5. Una vez terminado el tiempo de extracción, recuperar el solvente en un recipiente debidamente identificado, hasta observar solamente grasa en el balón.
 - 4.6. colocar el balón en la estufa a Temperatura de 100°C hasta eliminar las trazas de éter y enfriado en desecador.
 - 4.7. Esperar a que la muestra este completamente fría para poder tomar el peso final

Procesamiento de la información

El extracto etéreo se obtendrá a partir de la siguiente formula:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(\text{peso de balón más extracto}) - (\text{peso de balón vacío}) \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

ANEXO C.

Elaboración de las biopelículas.

ANEXO C.1.

Determinación de la temperatura de gelatinización de las mezclas de almidón
(Aristizabal y Sanchez, 2007)

Técnica: medición directa de temperatura.

Materiales y reactivos:

Balanza analítica con precisión de 0.01 g	Vaso de precipitado de vidrio de 250 mL
Hot Plate	Frasco volumétrico de 100 mL
Vaso de precipitado de vidrio de 100 mL	Pinza y termómetro con escala de 0-100°C

Procedimiento:

1. Pesar 5 g de almidón, en base seca, para cada una de las formulaciones.
2. Disolver el almidón en agua destilada y aforar a 100 mL
3. Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85°C
4. Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL
5. Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C
6. Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.
7. Leer la temperatura de gelatinización.

Procesamiento de la información:

8. Registrar las lecturas de las temperaturas de gelatinización de cada formulación de almidón. Realizar cada prueba por triplicado.
9. Seleccionar las formulaciones que indiquen mejores propiedades de gelatinización en base a la temperatura de gelatinización promedio de cada una de ellas.

ANEXO C.2.

Procedimiento para la elaboración de biopelículas. (Miramont, 2012)

Técnica: Formación de biopelículas por vertido.

Equipo:

Vaso de precipitado de vidrio 250 mL	Placas Petri 8.8 cm de diámetro
Hot plate/agitador magnético	Secador por convección de aire
Centrifuga	Balanza analítica 0.01 g
	Micrometro o vernier

Procedimiento:

1. Pesar la cantidad necesaria de almidón de yuca y sorgo según la formulación.
2. Agregar la cantidad determinada de glicerol según la formulación.
3. Completar 100 g de mezcla agregando agua destilada.
4. Mezclar durante 12 min a 25°C.
5. Calentar y agitar hasta alcanzar el punto de gelatinización de la mezcla.
6. Eliminar burbujas mediante centrifugación durante 5 min a 25 °C.
7. Separar alícuotas de 20 g cada una en placas Petri.
8. Distribuir la mezcla de manera constante en la placa Petri.
9. Secar durante 24 horas a 35°C.

Procesamiento de la información:

10. Evaluar visualmente las biopelículas secas, eliminar aquellas que presenten formación de burbujas o grumos.
11. Realizar mediciones de peso de cada biopelícula.

12. Tabular los resultados de las mediciones de peso de las biopelículas de cada formulación, determinar el peso promedio de las biopelículas de cada formulación.
13. Realizar mediciones del grosor de cada biopelículas de cada formulación, registrar el grosor de la biopelículas en los extremos y el centro promediar los resultados para cada medición.
14. Determinar el grosor promedio de las biopelículas para cada formulación.

ANEXO D

Análisis de vida de anaquel

ANEXO D.1.

Determinación de sólidos totales, grados Brix °

Método: Índice de refracción (FAO, 2017)

Materiales y reactivos:

Refractómetro tipo Abbe	Fresa recubierta en anaquel
Mortero	Agua destilada
Pistilo	

Procedimiento:

1. Calibrar el equipo haciendo uso de agua destilada.
2. Tomar la muestra a analizar, en este caso la fruta recubierta en anaquel y triturarla utilizando mortero.
3. Tomar unas gotas de la solución, abrir los prismas del refractómetro, colocar la muestra y cerrar estos mismos.
4. Abrir la fuente de luz del refractómetro.

5. Observar en el campo visual la transición de un campo claro a un campo oscuro.
6. Tomar con exactitud la medida.
7. Limpiar el prisma con algodón húmedo.

ANEXO D.2.

Determinación de acidez titulable

Método: Potenciométrico, electrodo de vidrio. (ICONTEC Instituto Colombiano de Normas técnicas y certificación, 1999)

Materiales y reactivos:

Balón volumétrico de 1 L	NaOH
Bureta de 50 mL	Fruta recubierta en anaquel
Erlenmeyer de 250 mL	Agua destilada
Mortero y pistilo	Agua llevada a ebullición
Embudo	Biftalato de Potasio
Papel filtro	Indicador de fenoftaleina
Agitador magnético	Potenciómetro de electrodo de vidrio

Procedimiento:

Preparación y estandarización de una solución 0.1 N de NaOH (Connors, 1981)

1. Diluir 6 mL de una solución saturada de hidróxido de sodio hasta completar un litro con agua recientemente llevada a ebullición.
2. Pesar 0.4 g (2 meq) del patrón primario biftalato de potasio (previamente secado durante 2 horas a 105° C) en un Erlenmeyer de 250 mL.
3. Agregar 50 mL de agua recién llevada a ebullición al erlenmeyer de 250 mL, agitar hasta disolver los 0.4 g.

4. Añadir 3 gotas de solución de fenoftaleína.
5. Valorar con la solución de NaOH, colocada en una bureta de 50 mL.
6. Observar el punto final cuando se observa una coloración rosa permanente.
7. Efectuar la valoración de un blanco y restar el volumen resultante del volumen gastado en la valoración del Biftalato de Potasio.
8. Realizar de 3 a 4 valoraciones del Biftalato de Potasio.
9. Calcular la normalidad según la siguiente ecuación

$$\text{Normalidad} = \frac{g C_8H_5KO_4 * 1000}{mL NaOH * 204.229}$$

Preparación de la muestra

Productos líquidos

1. Tomar parte de la muestra previamente homogeneizada.
2. Tomar 25 mL con pipeta volumétrica y colocar en un balón volumetrico.
3. Completar hasta el enrase con agua y agitar bien.

Otros productos

1. Si es necesario separar, los pedúnculos, semillas duras, las paredes duras de las semillas y en todos los casos, siempre que sea posible, las pepitas.
2. Mezclar la muestra vigorosamente.
3. Homogeneizar el producto o macera en el mortero.
4. Pesar con aproximación de 0.01 g, 25 g como mínimo de la muestra de laboratorio y se agregan 50 mL de agua caliente, mezclar hasta obtener un líquido homogéneo.

5. Calentar en baño de agua hirviendo durante 30 min.
6. Enfriar y trasvasar cuantitativamente a un balón volumétrico de 100 mL, enrasar con agua, mezclar bien y filtrar.

Método del electro de vidrio (AOAC, 1984)

1. Calibrar el potenciómetro con las soluciones estándar de buffer.
2. Lavar el electrodo en agua, hasta que lea aproximadamente un dato de pH 6.
3. Tomar un volumen de 25 mL, mediante pipeta volumétrica y colocar en un beaker de 150 mL
4. Colocar agitador y adicionar la solución de NaOH mediante bureta hasta llegar a un pH cercano a $7 \pm$ y después lentamente hasta un pH de 8.1 ± 0.2 .
5. Obtener, por interpolación, el volumen exacto de solución de hidróxido de sodio correspondiente a pH 8.1; registrar volumen V.
6. Expresar la acidez como contenido de ácido por masa o volumen de muestra. La acidez se expresará, si no existe indicación expresa, en los ácidos que se presentan a continuación.
 - Ácido cítrico para productos de frutas cítricas o bayas;
 - Ácido málico para productos derivados de frutas de pepas o carozo.
 - Ácido tartárico para productos de uva y otros.
7. Calcular el contenido de acidez de las siguientes fórmulas
8. - En meq/kg

$$A = \frac{100}{m} * V_1 * c * \frac{100}{V_o}$$

En que:

A = acidez, en milimoles de H^+ por 100 g de producto.

V_o = volumen mL de la porción de ensayo.

V_1 = volumen mL de NaOH gastado.

c = concentración exacta de la solución de NaOH en moles por litro.

m = masa, g, de la muestra tomada.

ANEXO D.3.

Determinación de pH

Método: Potenciométrico, electrodo de vidrio.

Materiales y reactivos:

Potenciómetro de electrodo de vidrio	Fruta recubierta en anaquel
Mortero	Agua destilada
Beaker de 50 mL	Soluciones estándar buffer

Procedimiento:

1. Calibrar el potenciómetro con las soluciones estándar buffer.
2. Tomar la muestra a análisis y triturar en el mortero.
3. Tomar al menos 10 ml de muestra y tomar el dato de pH.
4. Lavar con agua destilada el electrodo.
5. Secar con papel adecuado.

ANEXO D.4.

Determinación de pérdida de peso

Método: Contenido de Humedad (Vasquez Lara y Vidal López, 2011)

Materiales y reactivos:

Potenciómetro de electrodo de vidrio	Fruta recubierta en anaquel
Mortero	Agua destilada
Beaker de 50 mL	Soluciones estándar buffer
Balanza semianalítica	

Procedimiento:

1. Seleccionar la muestra que consistirá en una sola fresa que esté presente desde el inicio hasta el final del tiempo de almacenamiento definido para evaluar la fruta.
2. Registrar el peso inicial en el día cero que se aplique el recubrimiento.
3. Para determinar la pérdida de peso (expresado en porcentaje) se aplicará la siguiente ecuación :

$$PFP = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100$$

Donde:

PFP= pérdida fisiológica de peso

P_i= peso inicial

P_f= peso final

4. Las pérdidas de peso durante el almacenamiento se expresan como porcentaje respecto al peso inicial de la fruta.

ANEXO E

Análisis físicos de la biopelícula

ANEXO E.1.

Permeabilidad al vapor de agua (Carballo Medrano y Martínez Bonilla, 2010)

Método: ASTM E 96/ E 96M-05

Técnica: Desecante

Materiales y reactivos:

Tubos de hemólisis de 7.5 cm de altura por 10 mm de diámetro interno	Cloruro de Calcio (CaCl_2) previamente desecado y llevado a peso constante
Bandas de hule	Láminas de biopelícula
Papel aluminio	

Condiciones: %HR (68% - 84%) y Temperatura (28°C - 35°C)- Promedios para el territorio salvadoreño según el SNET

Procedimiento:

1. Rotular cada tubo de hemólisis con el número de película correspondiente para no perder la identidad de las mismas.
2. Colocar en cada tubo cloruro de calcio previamente desecado a 200 °C hasta peso constante; llevar hasta 6 mm por debajo del borde.
3. Colocar en cada tubo la película correspondiente y sellar con una banda de hule adecuada.
4. Forrar las partes sobrantes de la película con papel de aluminio
5. Registrar el peso inicial
6. Colocar cada tubo en la cámara ambiental previamente preparada a 75% de HR y 32.0°C de temperatura.
7. Registrar pesos en una balanza analítica cada hora durante la primera semana hasta registrar de seis a siete pesos, la segunda solamente se toman cuatro y se va disminuyendo por semana hasta solamente registrar un peso diario.
8. Detener el registro de los pesos cuando el peso registrado exceda el 10% del peso inicial del desecante o se alcance un peso estacionario.

Procesamiento de la información

9. Registrar todos los datos de recolección de pesos

10. Procesar la información a través de una gráfica de dispersión, pesos en función del tiempo (ganancia de peso vs. tiempo)
11. Realizar una regresión lineal para calcular la pendiente, misma que al dividirse entre el área de la película resultó el WVT (índice de transferencia al vapor de agua), consecuentemente el cociente que resulta de dividir el WVT entre la presión de vapor del agua a una temperatura dada y la diferencia de las humedades relativas define el valor de Permeanza, la cual al multiplicarse por el espesor proporciona la WVP (permeabilidad al vapor de agua).

$$\text{Aumento} = p_n - p_i$$

Donde:

Aumento = ganancia de peso en el tubo en un periodo determinado

p_n = peso del tubo tomado en un tiempo conocido.

p_i = peso inicial del tubo en el ensayo.

$$\text{Aumento corregido} = \text{aumento}_n - \text{aumento}_{control}$$

Donde:

Aumento corregido = aumento de peso menos el aumento del tubo testigo.

Aumento_n = aumento de un tubo dado a un tiempo determinado.

$\text{Aumento}_{control}$ = aumento del tubo testigo correspondiente al tubo n.

$$\text{WVT} = dm/dt * 1/A$$

En donde:

WVT = índice de transferencia al vapor de agua o coeficiente de transmisión de vapor de agua.

dm/dt = diferencia de masa a través del tiempo.

A = área de la película expuesta.

$$\text{Permeanza} = \frac{WVT}{P_{A1} - P_{A2}} = \frac{WVT}{S(R_1 - R_2)}$$

En donde:

P_{A2} = presión sobre la película, kPa

P_{A1} = presión a la cual está sujeta la película al interior del tubo, kPa.

S = presión de vapor de saturación a la temperatura experimental, kPa.

R_1 = humedad relativa de la cámara, en fracción.

R_2 =humedad relativa interna del tubo de prueba, en fracción.

$$WVP = \text{Permeanza} * \text{grosor}$$

En donde:

WVP= permeabilidad al vapor de agua, g mm / h m² kPa

ANEXO E.2.

Determinación de claridad de las pastas de almidón

Método: Transmitancia (%T) de las pastas de almidón (Craig S. , Maningat, Seib, y Hoseney, 1989)

Materiales y reactivos:

Espectrofotómetro UV	Almidón
Beaker	Agua destilada
Hot plate	
Balanza analítica	

Procedimiento:

1. Elaborar solución de almidón al 1%.
2. Colocar la solución en un baño de agua a ebullición por 30 minutos, agitando cada 5 minutos.
3. Dejar enfriar a temperatura ambiente.

4. Utilizar de blanco agua destilada, leyendo transmitancia a una longitud de onda de 650 nm.
5. Tomar el valor de transmitancia de la solución de almidón al 1%, a la longitud de onda preestablecida.
6. El porcentaje obtenido representará directamente la transmitancia de la solución.

ANEXO E.3.

Solubilidad al agua (Márquez Hernandez, 2010)

Materiales y reactivos:

Láminas de biopelícula	Vasos de precipitado de 250 ml
Agua destilada	Papel filtro
Embudos	Agitadores magnéticos
Hot plates	Estufa

Procedimiento:

1. Cortar cuadros de 3x4 cm aproximadamente de la biopelícula
2. Colocar las biopelículas en un desecador por 24 horas.
3. Pesar cada biopelícula con una precisión cercana a 0.1 mg
4. Colocar las biopelículas en frascos de precipitado de 250 ml con 80 ml de agua destilada con agitación constante por una hora a temperatura ambiente.
5. Recuperar la biopelícula no disuelta por filtración.
6. Secar la biopelícula no disuelta en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Procesamiento de la información

7. Calcular el porcentaje de materia soluble

$$\%MS = \frac{P_o - P_f}{P_o} * 100$$

Donde:

P_o = Peso seco inicial de la película

P_f = Peso seco final de la película

ANEXO E.4.

Biodegradabilidad de las biopelículas.

Método: Gravimétrico (Arrieta, Peltzer, Garrigos, y Migallon, 2008)

Equipo:

Cajas de 18 cm x 18 cm x 10 cm (largo, ancho, alto) con tapa (reactor)	Mallas de acero inoxidable
Compost	Láminas de biopelícula

Procedimiento:

1. Se considera un tiempo de exposición de 10 días
2. En el reactor introducir las muestras cortadas en piezas de (2.5 x 2.5 cm²) poniendo cada trozo en un contenedor de malla de acero para permitir el contacto directo con el suelo y una fácil recuperación del material para su inspección visual a diferentes tiempos de ensayo.
3. Enterrar las mallas de acero junto con la biopelícula a una profundidad de 8 cm
4. Preparar tres reactores, retirando una muestra de cada uno de ellos para poder realizar ensayos por triplicado y tomar mediciones cada dos días.

Procesamiento de la información

5. Se calculó la pérdida de peso según la siguiente fórmula

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$$

ANEXO F

Análisis de aceptación del producto

ANEXO F.1.

Análisis sensorial

Método: Prueba de preferencia pareada (Liria Domínguez, Guía para la evaluación sensorial de los alimentos, 2007)

Equipo:

Recipientes desechables	Hoja de evaluación de las muestras
-------------------------	------------------------------------

Procedimiento:

1. Seleccionar la muestra según la siguiente fórmula:

$$N = \left[\frac{Z_{\alpha} \sqrt{pq} + Z_{\beta} \sqrt{p_a q_a}}{p - p_a} \right]^2$$

- $Z_{\alpha} = 1.65$ (5%, una cola)
 - p = proporción de acierto en la prueba
 - q = probabilidad de rechazo en la prueba
 - $Z_{\beta} = 1.65$ (5%, una cola)
 - $p_a = C * P(1-C)$
 - C = % de aciertos esperados (definido por el investigador: 1 de 5 personas, 1 de 4 personas, 1 de 3 personas, etc.)
 - P = Probabilidad de aciertos
 - $q_a = 1 - p_a$
2. Preparar las muestras con y sin recubrimiento, seleccionar de manera aleatoria las muestras.
 3. Identificar las muestra con recubrimiento con una serie de 3 números al azar.

4. Identificar las muestras sin recubrimiento con una serie de 3 números al azar.
5. Presentar de manera aleatoria las muestras a cada panelista.
6. Entregar la hoja de evaluación. Cada panelista seleccionara una de las dos muestras presentadas basándose en la aceptación de las cualidades organolépticas de las muestras.
7. Tabular el número de panelistas que selecciono las muestras con recubrimiento y sin recubrimiento.

Procesamiento de la información:

8. Analizar los datos obtenidos a partir del panel usando la prueba binomial de dos extremos.
9. Si la probabilidad obtenida es igual o menor a 0.05 se considera que hay diferencias significativas en las muestras con recubrimiento y sin recubrimiento.

ANEXO F.2.

Análisis sensorial

Método: Prueba de aceptabilidad, prueba hedónica (B.M Watts, G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elías, 1995)

Equipo:

Recipientes desechables	Hoja de evaluación de las muestras
-------------------------	------------------------------------

Procedimiento:

1. Tomar el mismo número de personas que se evaluaron en la prueba de preferencia pareada.
2. Preparar las muestras con y sin recubrimiento (3 g de cada una) seleccionar de manera aleatoria las muestras.

3. Identificar las muestras con recubrimiento con una serie de 3 números al azar.
4. Identificar las muestras sin recubrimiento con una serie de 3 números al azar.
5. Presentar de manera aleatoria las muestras a cada panelista.
6. Entregar la hoja de evaluación. Cada panelista evaluará los atributos de: olor, sabor, apariencia y textura de las muestras recubiertas y de las no recubiertas.
7. Tabular la evaluación de los panelistas de las muestras con recubrimiento y sin recubrimiento.

Procesamiento de la información:

8. Analizar los datos obtenidos a partir del panel usando la prueba ANOVA.

ANEXO G

Registros de variables respuesta, fase experimental.

ANEXO G.1.

Pérdida de peso prueba piloto

A continuación, se presentan los registros de peso de la fruta recubierta y no recubierta a lo largo del tiempo.

Tabla G1-1 Registro de peso de fresas recubiertas, prueba piloto

Fresas recubiertas							
	Peso inicial	Día 1	Día 2	Día 3	Día 6	Día 7	Día 8
FP1	20.65	19.84	19.26	19.23	18.72	18.32	17.79
FP2	16.17	15.24	14.6	14.51	14.16	13.79	13.37
FP3	12.65	11.83	11.05	10.93	10.64	10.27	9.9
FP4	15.15	14.28	13.67	13.62	13.09	12.64	12.03
FP5	25.45	24.29	23.52	23.41	22.87	22.36	21.79

Continúa...

Tabla G1-1a Registro de peso de fresas recubiertas, prueba piloto

	Peso inicial	Día 1	Día 2	Día 3	Día 6	Día 7	Día 8
FP6	29.22	27.38	26.39	26.16	25.59	24.93	24.22
FP7	15.96	15.18	14.64	14.58	14.35	13.84	13.23
FP8	30.16	28.91	27.97	27.82	27.36	26.42	25.46
FP9	9.54	8.95	8.55	8.47	8.25	7.84	7.48

Tabla G1-2 Registro de peso de fresas sin recubrir, prueba piloto

Fresas sin recubrir							
Peso inicial	Día 1	Día 2	Día 3	Día 6	Día 7	Día 8	
16.33	15.18	14.68	14.55	13.15	12.51	12	
16.44	15.45	15.07	14.95	13.8	13.31	12.9	
10.84	10.22	9.87	9.78	8.84	8.42	8.09	
11.14	10.57	10.27	10.14	9.38	8.97	8.67	
21.82	20.99	20.44	20.28	18.84	18.22	17.7	
26.35	25.32	24.68	24.44	22.54	21.77	21.09	
25.44	24.5	23.6	23.44	20.71	19.73	18.86	

Tabla G1-3 Registro de peso de moras recubiertas, prueba piloto

Moras recubiertas							
	Peso inicial	Día 1	Día 2	Día 3	Día 6	Día 7	Día 8
FP1	4.99	4.94	4.86	4.9	4.74	4.68	4.6
FP2	5.74	5.68	5.59	5.61	5.47	5.41	5.34
FP3	6.21	6.12	6.03	6.01	5.9	5.83	5.77
FP4	3.96	3.9	3.84	3.83	3.73	3.67	3.57
FP5	5.55	5.46	5.38	5.37	5.23	5.17	5.11
FP6	5.28	5.21	5.13	5.12	5.03	4.98	4.93
FP7	6.16	6.06	5.96	5.96	5.8	5.7	5.44
FP8	3.9	3.86	3.8	3.79	3.7	3.64	3.6
FP9	2.59	2.55	2.49	2.47	2.41	2.37	2.3

Tabla G1-4 Registro de peso de moras sin recubrir, prueba piloto

Moras sin recubrir						
Peso inicial	Día 1	Día 2	Día 3	Día 6	Día 7	Día 8
5.16	5.07	5.03	5.01	4.89	4.84	4.78
4.74	4.66	4.59	4.57	4.41	4.33	4.26
5.51	5.44	5.39	5.35	5.2	5.14	5.05
4.17	4.12	4.07	4.04	3.9	3.85	3.79
4.9	4.83	4.76	3.74	4.53	4.44	4.36
5.44	5.37	5.29	5.26	5.03	4.95	4.86
5.13	5.01	4.89	4.83	4.47	4.33	4.19

Para el cálculo de porcentaje de peso se utiliza la siguiente fórmula $\%PP = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100$; donde p_i indica el peso al inicio y p_f el peso al final evaluado, por ejemplo: para la FP1 en fresas para el día 8 el cálculo del porcentaje pérdida de peso es el siguiente

$$\%PP = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100 = \frac{20.65 - 17.79}{20.65} * 100 = 13.85$$

ANEXO G.2

Registro de aumento de peso en las unidades de prueba en la determinación de Permeabilidad al vapor de agua.

Tabla G2-1. Cambios de peso de las unidades de prueba (0-26 horas).

%HR		78	76	78	78	75	75	76	75	74
T(°C)		24.4	25.7	28	28.3	27.7	24.3	24.9	25.7	26.3
Hora	0	1	2	4	5	6	23	24	25	26
1-F1	11.6378	11.6409	11.6467	11.6564	11.6614	11.6617	11.7284	11.7286	11.7284	11.7298
2-F1	11.3196	11.3250	11.3281	11.3393	11.3436	11.3451	11.4069	11.4069	11.4097	11.4096
3-F1	11.6098	11.6142	11.6169	11.6262	11.6308	11.6315	11.6882	11.6896	11.6908	11.6925
1-F2	11.2958	11.3004	11.3030	11.3111	11.3147	11.3147	11.3729	11.3729	11.3749	11.3744
2-F2	11.3862	11.3900	11.3941	11.4032	11.4061	11.4066	11.4622	11.4633	11.4662	11.4672
3-F2	11.2102	11.2153	11.2208	11.2313	11.2377	11.2382	11.3063	11.3067	11.3092	11.3109

Continúa...

Tabla G2-1a. Cambios de peso de las unidades de prueba (0-26 horas).

%HR		78	76	78	78	75	75	76	75	74
T(°C)		24.4	25.7	28	28.3	27.7	24.3	24.9	25.7	26.3
Hora	0	1	2	4	5	6	23	24	25	26
1-F3	12.0423	12.0491	12.0532	12.0656	12.0711	12.0718	12.1374	12.1390	12.1390	12.1412
2-F3	12.6929	12.6978	12.7011	12.7139	12.7207	12.7207	12.7890	12.7891	12.7917	12.7938
3-F3	12.1786	12.1840	12.1891	12.2000	12.2054	12.2064	12.2621	12.2621	12.2638	12.2653
1-F4	10.9221	10.9252	10.9269	10.9360	10.9388	10.9391	10.9986	10.9988	11.0024	11.0029
2-F4	10.5234	10.5251	10.5270	10.5311	10.5331	10.5336	10.5860	10.5869	10.5894	10.5896
3-F4	10.8158	10.8191	10.8210	10.8275	10.8325	10.8331	10.8885	10.8893	10.8915	10.8940
3-F5	12.2901	12.2958	12.3012	12.3152	12.3196	12.3196	12.3932	12.3932	12.3930	12.1725
1-F6	11.5946	11.5978	11.6012	11.6136	11.6180	11.6186	11.6839	11.6844	11.6867	12.3521
2-F6	11.1654	11.1690	11.1732	11.1820	11.1872	11.1874	11.2542	11.2543	11.2561	12.3925
3-F6	11.3090	11.3130	11.3172	11.3282	11.3320	11.3320	11.4012	11.3998	11.4012	11.6880
1-F7	10.8780	10.8817	10.8852	10.8941	10.8969	10.8973	10.9573	10.9573	10.9589	11.2588
2-F7	10.8169	10.8208	10.8239	10.8300	10.8338	10.8350	10.8971	10.8958	10.8977	11.4032
3-F7	10.6437	10.6469	10.6508	10.6615	10.6660	10.6666	10.7278	10.7303	10.7317	10.9620
1-F8	10.6770	10.6843	10.6906	10.7049	10.7102	10.7122	10.7803	10.7803	10.7844	10.8990
2-F8	11.3130	11.3207	11.3260	11.3417	11.3484	11.3491	11.4351	11.4351	11.4348	10.7334
3-F8	10.6789	10.6845	10.6887	10.6974	10.7028	10.7035	10.7622	10.7631	10.7656	10.7851
1-F9	11.9234	11.9265	11.9309	11.9429	11.9471	11.9484	12.0132	12.0132	12.0157	11.4371
2-F9	12.0086	12.0126	12.0174	12.0257	12.0314	12.0319	12.0905	12.0911	12.0913	10.7683
3-F9	12.3490	12.3540	12.3545	12.3732	12.3787	12.3787	12.4424	12.4451	12.4480	12.0182
1-F10	11.1558	11.1599	11.1615	11.1676	11.1711	11.1718	11.2356	11.2356	11.3272	12.0931
2-F10	11.3155	11.3179	11.3208	11.3284	11.3315	11.3315	11.3815	11.3829	11.3851	12.4502
3-F10	10.9734	10.9788	10.9804	10.9891	10.9940	10.9945	11.0654	11.0642	11.0676	11.2394

Tabla G2-2. Cambios de peso de las unidades de prueba (28-54 horas).

%HR	76	76	75	79	79	76		76	77	75
T(°C)	28.5	28	29	24	24	25.3		27		28.8
Hora	28	29	30	47	48	49	50	52	53	54
1-F1	11.7370	11.7367	11.7324	11.7907	11.7901	11.7886	11.7871	11.7892	11.7893	11.7885

Continúa...

Tabla G2-2a. Cambios de peso de las unidades de prueba (28-54 horas).

%HR	76	76	75	79	79	76		76	77	75
T(°C)	28.5	28	29	24	24	25.3		27		28.8
Hora	28	29	30	47	48	49	50	52	53	54
2-F1	11.4162	11.4152	11.4148	11.4638	11.4625	11.4625	11.4612	11.4640	11.4647	11.4672
3-F1	11.6996	11.6985	11.6973	11.7506	11.7499	11.7490	11.7467	11.7504	11.7502	11.7521
1-F2	11.3822	11.3804	11.3774	11.4371	11.4339	11.4323	11.4324	11.4342	11.4339	11.4321
2-F2	11.4750	11.4739	11.4726	11.5334	11.5327	11.5300	11.5296	11.5322	11.5323	11.5318
3-F2	11.3172	11.3173	11.3156	11.3718	11.3694	11.3690	11.3713	11.3734	11.3743	11.3746
1-F3	12.1487	12.1481	12.1462	12.2046	12.2031	12.2031	12.2047	12.2060	12.2064	12.2076
2-F3	12.8002	12.7979	12.7945	12.8590	12.8578	12.8571	12.8582	12.8585	12.8588	12.8592
3-F3	12.2733	12.2710	12.2694	12.3233	12.3240	12.3220	12.3205	12.3230	12.3242	12.3228
1-F4	11.0097	11.0105	11.0093	11.0590	11.0591	11.0599	11.0598	11.0629	11.0652	11.0658
2-F4	10.5956	10.5964	10.5945	10.6525	10.6497	10.6502	10.6510	10.6508	10.6517	10.6523
3-F4	10.9013	10.9020	10.9013	10.9508	10.9516	10.9509	10.9514	10.9550	10.9593	10.9585
1-F5	12.1802	12.1782	12.1778	12.2435	12.2403	12.2385	12.2413	12.2422	12.2418	12.2428
2-F5	12.3592	12.3573	12.3568	12.4159	12.4151	12.4134	12.4154	12.4168	12.4177	12.4152
3-F5	12.4004	12.3983	12.3963	12.4459	12.4444	12.4427	12.4437	12.4437	12.4442	12.4470
1-F6	11.6970	11.6967	11.6939	11.7570	11.7556	11.7540	11.7541	11.7563	11.7590	11.7562
2-F6	11.2645	11.2641	11.2634	11.3192	11.3170	11.3173	11.3177	11.3193	11.3212	11.3198
3-F6	11.4090	11.4070	11.4062	11.4681	11.4668	11.4633	11.4616	11.4645	11.4639	11.4638
1-F7	10.9675	10.9680	10.9659	11.0214	11.0206	11.0189	11.0180	11.0210	11.0240	11.0232
2-F7	10.9049	10.9038	10.9020	10.9578	10.9554	10.9559	10.9544	10.9561	10.9569	10.9567
3-F7	10.7409	10.7410	10.7405	10.7945	10.7954	10.7956	10.7956	10.7991	10.8022	10.8020
1-F8	10.7944	10.7926	10.7914	10.8571	10.8552	10.8554	10.8530	10.8548	10.8562	10.8550
2-F8	11.4464	11.4459	11.4423	11.5109	11.5095	11.5081	11.5037	11.5061	11.5066	11.5074
3-F8	10.7742	10.7739	10.7772	10.8253	10.8246	10.8242	10.8267	10.8278	10.8302	10.8265
1-F9	12.0240	12.0217	12.0198	12.0781	12.0766	12.0764	12.0740	12.0780	12.0799	12.0771
2-F9	12.1008	12.1009	12.0982	12.1518	12.1509	12.1498	12.1507	12.1541	12.1545	12.1527
3-F9	12.4577	12.4569	12.4539	12.5116	12.5115	12.5101	12.5094	12.5125	12.5138	12.5143
1-F10	11.2457	11.2447	11.2447	11.2990	11.2983	11.2982	11.2983	11.3012	11.3040	11.3015
2-F10	11.3951	11.3959	11.3950	11.4580	11.4578	11.4573	11.4569	11.4600	11.4635	11.4620
3-F10	11.0747	11.0741	11.0737	11.1262	11.1266	11.1273	11.1291	11.1308	11.1333	11.1338

Tabla G2-3. Cambios de peso de las unidades de prueba (119-199 horas)

%HR	80	79	77	76	79	76	76	79	75	82
T(°C)	22.9	23.6	24.7	27.7	24.7	26.3	27.7	23.6	25.1	23.5
Hora	119	120	121	125	150	152	155	175	179	199
1-F1	11.9619	11.9573	11.9543	11.9572	11.9834	11.9810	11.9845	12.0181	12.0215	12.0662
2-F1	11.6280	11.6246	11.6239	11.6232	11.6507	11.6486	11.6515	11.6850	11.6858	11.7245
3-F1	11.9091	11.9066	11.9023	11.9047	11.9254	11.9241	11.9261	11.9555	11.9586	11.9925
1-F2	11.5980	11.5927	11.5891	11.5898	11.6134	11.6113	11.6153	11.6406	11.6454	11.6841
2-F2	11.6856	11.6856	11.6815	11.6825	11.7114	11.7094	11.7127	11.7393	11.7427	11.7829
3-F2	11.5212	11.5211	11.5184	11.5202	11.5512	11.5496	11.5528	11.5779	11.5832	11.6167
1-F3	12.3766	12.3734	12.3709	12.3707	12.3951	12.3940	12.3967	12.4349	12.4374	12.4742
2-F3	13.0549	13.0497	13.0444	13.0475	13.0755	13.0734	13.0751	13.1186	13.1217	13.1597
3-F3	12.4791	12.4778	12.4739	12.4786	12.5081	12.5049	12.5072	12.5350	12.5386	12.5804
1-F4	11.2306	11.2268	11.2255	11.2296	11.2523	11.2522	11.2558	11.2841	11.2889	11.3244
2-F4	10.7981	10.7970	10.7927	10.7957	10.8170	10.8155	10.8176	10.8478	10.8526	10.8795
3-F4	11.1156	11.1139	11.1128	11.1155	11.1462	11.1458	11.1483	11.1739	11.1783	11.2083
1-F5	12.4201	12.4153	12.4117	12.4115	12.437	12.4363	12.4375	12.4717	12.4728	12.5162
2-F5	12.5961	12.5916	12.5903	12.5921	12.6270	12.6234	12.6259	12.6596	12.6652	12.7057
3-F5	12.6170	12.6149	12.6086	12.6109	12.6403	12.6360	12.6359	12.6668	12.6683	12.7053
1-F6	11.9288	11.9263	11.9211	11.9234	11.9514	11.9488	11.9518	11.9844	11.9873	12.0273
2-F6	11.4870	11.4846	11.4804	11.4837	11.5117	11.5096	11.5134	11.5478	11.5513	11.6051
3-F6	11.6195	11.6192	11.6147	11.6141	11.6395	11.6405	11.6404	11.6780	11.6796	11.7219
1-F7	11.1824	11.1797	11.1777	11.1786	11.2022	11.2013	11.2056	11.2323	11.2368	11.2653
2-F7	11.1010	11.0996	11.0972	11.1004	11.1230	11.1238	11.1258	11.1550	11.1604	11.1933
3-F7	10.9563	10.9538	10.9512	10.9536	10.9798	10.9783	10.9807	11.0116	11.0140	11.0480
1-F8	11.0221	11.0192	11.0153	11.0169	11.0508	11.0459	11.0478	11.0826	11.0827	11.1193
2-F8	11.7019	11.6973	11.6948	11.693	11.7231	11.7188	11.7199	11.7500	11.7531	11.8007
3-F8	10.9885	10.9868	10.986	10.9855	11.0110	11.0101	11.0124	11.0448	11.0497	11.1012
1-F9	12.2517	12.2459	12.2423	12.2452	12.2804	12.2753	12.2749	12.3102	12.3127	12.3593
2-F9	12.3091	12.3070	12.3024	12.3049	12.3309	12.3296	12.3321	12.3574	12.3617	12.4000
3-F9	12.6797	12.6779	12.6773	12.6788	12.7094	12.7078	12.7091	12.7398	12.7443	12.7818
1-F10	11.4639	11.4613	11.4581	11.4630	11.4869	11.4865	11.4905	11.5272	11.5292	11.5653
2-F10	11.6180	11.6160	11.6167	11.6181	11.647	11.6478	11.6498	11.6824	11.6868	11.7268
3-F10	11.2912	11.2869	11.2852	11.2899	11.3148	11.3140	11.3174	11.3471	11.3510	11.3830

Tabla G2-4. Cambios de peso de las unidades de prueba (203-487.5 horas)

%HR	78	85.5	77	76	76	78	80	77	77	81
T(°C)		23.3	24.7	25.7	28.8	26.6	24.7	25	25.3	23.6
Hora	203	221	227	295	299	347	371.5	391.5	463.5	487.5
1-F1	12.0638	12.0986	12.0993	12.1536	12.1565	12.2035	12.2248	---	---	---
2-F1	11.7219	11.7457	11.7507	11.8029	11.8044	11.8470	11.8716	11.8790	11.9235	---
3-F1	11.9945	12.0182	12.0189	12.0747	12.0747	12.1169	12.1402	12.1522	---	---
1-F2	11.6804	11.7212	11.7221	11.7654	11.7655	11.8119	11.8391	11.8482	11.8930	---
2-F2	11.7795	11.8128	11.8300	11.8629	11.8639	11.9111	11.9338	11.9433	11.9938	---
3-F2	11.6162	11.6464	11.6576	11.7038	11.7067	11.7493	11.7711	11.7808	11.8266	---
1-F3	12.4758	12.5061	12.5087	12.5646	12.5676	12.6156	12.6400	12.6493	12.7008	---
2-F3	13.1559	13.1967	13.1984	13.2592	13.2599	13.3170	---	---	---	---
3-F3	12.5793	12.6060	12.6077	12.6634	12.6658	12.7074	12.7355	12.7449	---	---
1-F4	11.3231	11.3480	11.3508	11.4065	11.4088	11.4543	11.4778	11.4865	11.5309	---
2-F4	10.8798	10.9034	10.9102	10.9567	10.9593	10.9969	11.0174	11.0267	11.0706	11.0912
3-F4	11.2089	11.2459	11.2468	11.2999	11.3024	11.3387	11.3627	11.3717	11.4167	---
1-F5	12.5123	12.5466	12.5489	12.6036	12.6037	12.6513	12.6783	---	---	---
2-F5	12.7097	12.7417	12.7425	12.8053	12.8091	12.8578	---	---	---	---
3-F5	12.7053	12.7347	12.7367	12.7931	12.7909	12.8384	12.8673	12.8767	12.9353	---
1-F6	12.0248	12.0578	12.0591	12.1174	12.1171	12.1572	12.1912	12.2041	12.2504	---
2-F6	11.5994	11.6303	11.6323	11.6861	11.6835	11.7339	---	---	---	---
3-F6	11.7196	11.7528	11.7537	11.8030	11.8025	11.8506	11.8735	11.8806	11.9274	---
1-F7	11.2650	11.2964	11.2976	11.3453	11.3476	11.3893	11.4128	11.4207	11.4610	---
2-F7	11.1898	11.2219	11.2230	11.2714	11.2745	11.3222	11.3430	11.3518	11.3938	---
3-F7	11.0481	11.0766	11.0768	11.1309	11.1332	11.1740	11.1941	11.2041	11.2528	---
1-F8	11.1196	11.1438	11.1455	11.2017	11.1985	11.2409	11.2651	---	---	---
2-F8	11.7936	11.8300	11.8325	11.8801	11.8788	---	---	---	---	---
3-F8	11.0958	11.1161	11.1176	11.1658	11.1659	11.2044	11.2265	---	---	---
1-F9	12.3550	12.3893	12.3913	12.4481	12.4501	12.5009	12.5279	---	---	---
2-F9	12.3960	12.4252	12.4274	12.4809	12.4827	12.5250	12.5509	12.5595	12.6132	---
3-F9	12.7806	12.8180	12.8197	12.8827	12.8857	12.9342	12.9786	---	---	---
1-F10	11.5653	11.6026	11.6041	11.6576	11.6576	11.7070	11.7274	11.7361	11.7822	---
2-F10	11.7288	11.7642	11.7655	11.8325	11.8260	11.8744	11.8954	11.9060	11.9539	---
3-F10	11.3838	11.4102	11.4128	11.4707	11.4737	11.5126	11.5342	11.5431	11.5905	---

ANEXO G.3.**Registro de cambios de peso para la prueba de biodegradabilidad***Tabla G3-1. Resumen de resultados para la prueba de biodegradabilidad.*

	Peso biopelícula	Peso de biopelícula + malla											Total de días	Prom	
		Día 0	Día 4	Día 6	Día 8	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 18	Día 19			Día 21
1-F1	0.195	1.378	1.356	1.349	1.343	1.258	1.223	1.204	1.194	1.194	1.183	---	---	18	17.3
2-F1	0.182	1.473	1.401	1.380	1.375	1.333	1.300	1.293	1.292	1.291	---	---	---	15	
3-F1	0.276	1.430	1.421	1.420	1.320	1.286	1.250	1.242	1.220	1.185	1.165	1.154	---	19	
1-F2	0.171	1.363	1.298	1.287	1.267	1.226	1.217	1.212	1.209	1.192	---	---	---	15	14.7
2-F2	0.192	1.461	1.451	1.393	1.377	1.312	1.291	1.283	1.269	---	---	---	---	14	
3-F2	0.139	1.270	1.231	1.239	1.173	1.166	1.146	1.138	1.137	1.131	---	---	---	15	
1-F3	0.218	1.430	1.391	1.323	1.318	1.272	1.254	1.243	1.240	1.238	1.235	1.216	1.212	21	18.0
2-F3	0.227	1.449	1.486	1.462	1.300	1.267	1.256	1.244	1.232	1.222	---	---	---	15	
3-F3	0.244	1.465	1.398	1.387	1.373	1.317	1.299	1.261	1.242	1.239	1.221	---	---	18	
1-F4	0.126	1.478	1.626	1.541	1.440	1.406	1.388	1.387	1.380	1.375	1.372	1.364	1.352	21	18.0
2-F4	0.135	1.293	1.242	1.233	1.228	1.208	1.183	1.176	1.162	1.162	1.158	---	---	18	
3-F4	0.165	1.350	1.301	1.298	1.290	1.260	1.241	1.227	1.194	1.185	---	---	---	15	
1-F5	0.294	1.417	1.338	1.316	1.293	1.230	1.209	1.190	1.140	1.123	---	---	---	15	16.0
2-F5	0.277	1.495	1.398	1.373	1.342	1.283	1.258	1.248	1.122	1.218	---	---	---	15	
3-F5	0.226	1.310	1.306	1.268	1.174	1.141	1.137	1.134	1.117	1.095	1.084	---	---	18	

Continúa...

Tabla G3-1a. Resumen de resultados para la prueba de biodegradabilidad.

1-F6	0.215	1.570	1.551	1.544	1.513	1.420	1.390	1.374	1.356	1.355	1.355	---	---	18	15.3
2-F6	0.232	1.662	1.614	1.598	1.498	1.465	1.460	1.450	1.430	---	---	---	---	14	
3-F6	0.283	1.478	1.452	1.437	1.287	1.231	1.216	1.204	1.195	---	---	---	---	14	
1-F7	0.151	1.319	1.292	1.273	1.268	1.236	1.220	1.206	1.168	1.168	---	---	---	15	14.7
2-F7	0.272	1.542	1.489	1.456	1.429	1.354	1.299	1.284	1.270	---	---	---	---	14	
3-F7	0.212	1.317	1.294	1.282	1.240	1.193	1.172	1.141	1.105	1.105	---	---	---	15	
1-F8	0.284	1.470	1.398	1.343	1.332	1.268	1.248	1.231	1.202	1.186	---	---	---	15	15.0
2-F8	0.313	1.437	1.401	1.374	1.280	1.189	1.167	1.146	1.126	1.124	---	---	---	15	
1-F9	0.198	1.468	1.451	1.445	1.420	1.358	1.342	1.306	1.270	---	---	---	---	14	14.0
2-F9	0.244	1.440	1.324	1.296	1.256	1.215	1.211	1.203	1.196	---	---	---	---	14	
3-F9	0.205	1.423	1.416	1.412	1.306	1.257	1.230	1.213	1.218	---	---	---	---	14	
1-F10	0.115	1.419	1.402	1.391	1.388	1.366	1.355	1.349	1.313	1.304	---	---	---	15	16.3
2-F10	0.191	1.540	1.524	1.497	1.449	1.421	1.402	1.372	1.368	1.366	1.365	1.349	---	19	
3-F10	0.176	1.482	1.462	1.437	1.399	1.345	1.342	1.317	1.310	1.306	---	---	---	15	

ANEXO G.4.

Registro de cambios de peso para la prueba de porcentaje de pérdida de peso en fresas.*Tabla G4-1 Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas*

Formulación 1								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
17.22	17.01	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
17.02	16.91	16.87	16.87	16.84	16.73	16.6	16.62	16.63
15.35	14.94	14.91	14.88	14.75	14.57	14.38	14.35	14.15
15.31	15.11	15.01	14.94	14.9	14.81	-----	-----	-----
15.15	15.11	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.87	14.68	14.54	14.45	14.34	14.08	13.95	13.92	13.79
14.6	14.47	14.47	14.44	14.42	14.32	-----	-----	-----
13.81	13.68	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12.79	12.68	12.58	12.56	12.44	12.27	12.13	12.12	12.03
12.7	12.54	12.48	12.47	12.46	12.32			
12.56	12.33	12.21	12.1	11.99	11.81	11.66	11.62	11.47
12.33	12.14	12.07	11.98	11.93	11.72	11.61	11.59	11.52
11.89	11.7	11.61	11.56	11.48	11.28	11.14	11.11	10.98
10.68	10.48	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10.29	10.13	10.01	9.92	9.78	9.59	-----	-----	-----
Formulación 2								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
22.91	22.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
22.12	21.84	21.86	21.89	21.78	21.76	21.64	21.59	21.5
22.1	21.8	21.79	21.78	21.62	21.52	21.4	21.24	21.16
21.54	21.26	21.24	21.27	21.12	21.03	-----	-----	-----
19.92	19.67	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19.91	19.6	19.55	19.48	19.35	19.19	-----	-----	-----
19.62	19.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18.7	18.41	18.42	18.47	18.31	18.27	18.2	18.2	18.13
18.37	18.04	18.03	18.01	17.92	17.86	17.76	17.6	17.53
15.28	15.07	15.02	14.92	14.82	14.66	-----	-----	-----
14.72	14.55	14.52	14.5	14.37	14.27	14.17	14.1	14.09

Tabla G4-1a Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas

14.5	14.39	14.35	14.28	14.23	14.17	14.05	13.89	13.82
14.31	14.04	14.04	14.06	13.94	13.91			
13.15	13	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11.65	11.45	11.44	11.45	11.34	11.32	11.27	11.25	11.21
Formulación 3								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
22.21	21.84	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19.5	19.26	19.25	19.2	19.07	18.93	18.77	18.7	18.49
17.94	17.71	17.71	17.67	17.51	17.41	17.29	17.21	17.01
16.69	16.52	16.45	16.33	16.2	15.98	15.79	15.69	15.55
16.55	16.39	16.41	16.42	16.29	16.26	16.15	16.13	15.98
16.43	16.25	16.24	16.2	16.06	15.95	15.78	15.73	15.55
16.14	15.97	15.96	15.98	15.84	15.81	-----	-----	-----
15.42	15.19	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15.17	14.94	14.9	14.74	14.63	14.44	-----	-----	-----
14.94	14.76	14.77	14.67	14.58	14.48	-----	-----	-----
14.85	14.69	14.67	14.59	14.49	14.36	14.24	14.13	13.96
13.82	13.67	13.64	13.61	13.46	13.36	13.19	13.16	13.08
13.58	13.43	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13.44	13.32	13.31	13.33	13.19	13.14	-----	-----	-----
13.09	12.95	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Formulación 4								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
23.81	23.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19.54	19.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19.32	19.13	19.04	19.16	18.95	18.84	18.63	18.61	18.49
19.12	18.88	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
17.6	17.43	17.32	17.33	17.12	16.96	16.64	16.6	16.44
16.45	16.2	16.1	16.17	15.97	15.89	-----	-----	-----
16.4	16.27	16.2	16.29	16.12	16.12	16.13	16.15	16.06
15.91	15.79	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.54	14.36	14.24	14.27	14.09	13.94	-----	-----	-----
13.97	13.88	13.78	13.76	13.6	13.43	13.22	13.2	13.13

Tabla G4-1b Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas

13.17	13.07	12.95	12.9	12.78	12.63			
12.71	12.56	12.47	12.57	12.34	12.35	12.28	12.29	12.2
11.53	11.46	11.36	11.38	11.2	11.11	10.89	10.86	10.73
11.46	11.32	11.26	11.3	11.12	11.06	10.89	10.89	10.76
10.56	10.47	10.41	10.43	10.27	10.17			
Formulación 5								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
26.6	26.3	26.29	26.23	26.06	25.98	25.57	25.54	25.35
26.16	25.83	25.81	25.78	25.67	25.54			
24.56	24.29	24.25	24.19	24.04	23.9	23.66	23.63	23.57
23.25	22.93	22.93	22.93	22.85	22.82	22.63	22.64	22.58
22.43	22.14	22.16	22.21	22.19	22.18	22.01	22.08	22.04
19.68	19.44	19.37	19.28	19.06	18.9	18.62	18.57	18.47
19.48	19.28	19.26	19.23	19.17	19.17	-----	-----	-----
18.08	17.83	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.74	16.56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.24	15.9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.87	14.67	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13.95	13.74	13.71	13.71	13.67	13.65	13.55	13.57	13.51
13.84	13.63	13.66	13.68	13.59	13.54	13.4	13.42	13.41
13.61	13.41	13.38	13.39	13.32	13.3	-----	-----	-----
11.39	11.21	11.17	11.12	10.97	10.9	-----	-----	-----
Formulación 6								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
17.24	16.98	16.98	17.03	16.87	16.81	16.73	16.76	16.73
16.81	16.56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G4-1c Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas

15.89	15.75	15.77	15.78	15.65	15.54	15.36	15.35	15.24
15.79	15.57	15.48	15.42	15.15	15.02	14.86	14.82	14.73
15.41	15.21	15.2	15.24	15.11	15.07	14.98	15.03	15.03
14.53	14.39	14.42	14.46	14.33	14.32	14.26	14.31	14.25
14.3	14.14	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.11	13.86	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.08	18.92	18.86	18.81	18.51	18.35	-----	-----	-----
13.79	13.65	13.68	13.72	13.61	13.58	13.49	13.52	13.46
13.57	13.37	13.35	13.28	13.09	12.91	-----	-----	-----
12.64	12.41	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11.52	11.35	11.32	11.33	11.18	11.13			
10.7	10.55	10.5	10.46	10.32	10.25	10.16	10.16	10.12
10.12	10	9.98	9.95	9.84	9.76	-----	-----	-----
Formulación 7								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
19.37	19.09	19.06	19.01	18.85	18.68	18.45	18.38	18.29
17.11	16.88	16.84	16.77	16.6	16.39	-----	-----	-----
16.66	16.41	16.42	16.41	16.31	16.23	-----	-----	-----
16.32	16.01	15.93	15.84	15.67	15.45	-----	-----	-----
15.54	15.29	15.23	15.21	15.08	14.94	14.72	14.64	14.56
15.5	15.26	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15.22	14.99	14.98	14.98	14.9	14.83	-----	-----	-----
15.06	14.88	14.83	14.77	14.65	14.47	14.17	14.08	13.99
14.39	14.17	14.16	14.16	14.09	14.02	13.93	13.89	13.86
14.28	14.06	14.06	14.04	13.93	13.76	13.6	13.55	13.47
12.64	12.5	11.91	11.91	11.85	11.79	11.75	11.72	11.67

Continúa...

Tabla G4-1d Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas

12.41	12.22	11.73	11.69	11.59	11.44	11.27	11.22	11.15
12.25	12.07	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12.05	11.91	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12.02	11.81	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Formulación 8								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
31.83	31.42	31.24	31.2	31.12	31			
23.67	23.52	23.36	23.31	23.23	23.16	22.88	22.81	22.71
22.2	21.98	21.83	21.81	21.76	21.73	21.51	21.49	21.43
21.23	20.96	20.79	20.72	20.63	20.53			
18.75	18.63	18.6	18.62	18.59	18.7	18.54	18.58	18.57
18.13	17.8	17.6	17.52	17.46	17.3	17.11	17.07	16.98
17.78	17.63	17.53	17.52	17.39	17.26	17.08	17.08	16.99
16.78	16.62	16.51	16.47	16.4	16.36	-----	-----	-----
16.66	16.43	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15.2	15.04	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.69	14.46	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.19	14.06	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13.08	13	12.9	12.91	12.89	12.89	12.76	12.82	12.76
11.87	11.71	11.65	11.65	11.61	11.62	11.52	11.55	11.5
9.81	9.65	9.55	9.53	9.48	9.45			
Formulación 9								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
27.02	26.65	26.56	26.41	26.25	25.83	25.63	25.5	25.42
24.76	24.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
24.02	23.77	23.68	23.62	23.52	23.24	23.11	23.02	22.97

Continúa...

Tabla G4-1e Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas

22.3	21.92	21.85	21.8	21.66	21.54	-----	-----	-----
19.78	19.49	19.39	19.32	19.2	19.02	-----	-----	-----
19.44	19.15	19.06	18.97	18.86	18.58	18.53	18.49	18.47
18.57	18.27	18.16	18.03	17.91	17.59	17.46	17.39	17.33
17.35	17.14	17.05	16.92	16.84	16.59	-----	-----	-----
16.74	16.41	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.67	16.42	16.32	16.21	16.08	15.8	15.75	15.71	15.66
16.03	15.81	15.73	15.67	15.58	15.39	15.28	15.21	15.15
13.28	13.1	13.05	12.98	12.87	12.66	-----	-----	-----
13.01	12.84	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11.97	11.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11.57	11.4	11.36	11.29	11.23	11.1	11.07	11.07	11.04
Formulación 10								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
24.89	24.61	24.58	24.56	24.43	24.38	24.22	24.2	24.11
23.53	23.31	23.28	23.29	23.12	23	22.78	22.75	22.66
22.73	22.43	22.39	22.28	22.19	22.14	-----	-----	-----
22.62	22.33	22.34	22.39	22.25	22.18	-----	-----	-----
22.13	21.85	21.83	21.89	21.72	21.63	21.53	21.57	21.52
20.22	19.98	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19.85	19.67	19.64	19.66	19.52	19.51	19.46	19.5	19.48
18.2	17.92	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.65	16.41	16.36	16.3	16.13	15.94	15.72	15.69	15.56
15.94	15.68	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15.28	15.06	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13.67	13.47	13.41	13.34	13.23	13.12	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G4-1f Registro de peso de fresas recubiertas y no recubiertas

11.92	11.71	11.67	11.59	11.52	11.47	-----	-----	-----
11.32	11.16	11.16	11.17	11.07	10.97	10.89	10.9	10.89
10.55	10.44	10.4	10.4	10.29	10.22	10.09	10.09	10.03
Muestras sin recubrimiento								
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
23.29	23.03	22.98	22.98	22.93	22.94	22.76	22.8	22.78
21.44	21.14	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20.44	20.17	20.05	20.02	19.95	19.89	-----	-----	-----
19.89	19.65	19.61	19.58	19.53	19.53	19.35	19.37	19.32
19.22	18.99	18.9	18.85	18.79	18.77	18.54	18.47	18.38
18.87	18.64	18.56	18.54	18.51	18.52	-----	-----	-----
18.14	17.89	17.78	17.74	17.64	17.57	-----	-----	-----
16.74	16.54	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.71	16.51	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.7	16.51	16.45	16.41	16.33	16.28	16.1	16.03	15.95
16.32	16.21	16.18	16.19	16.17	16.2			
15.12	14.99	14.96	14.94	14.82	14.76	14.63	14.6	14.55
13.95	13.8	13.7	13.65	13.51	13.4	13.29	13.22	13.11
12.76	12.57	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12.25	12.25	11.97	11.95	11.91	11.89	11.72	11.68	11.63

ANEXO G.5.

Registro de cambios de peso para la prueba de porcentaje de pérdida de peso en moras.*Tabla G5-1 Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas*

Formulación 1								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
5.45	5.44	5.40	5.39	5.38	5.27	-----	-----	-----
9.29	9.28	9.25	9.20	9.20	9.06	9.00	8.94	8.95
4.58	4.54	4.54	4.50	-----	-----	-----	-----	-----
5.85	5.79	5.79	5.77	-----	-----	-----	-----	-----
9.69	9.65	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.71	5.69	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.62	6.57	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.77	5.72	5.71	5.69	5.62	5.53	-----	-----	-----
8.05	7.92	7.89	7.85	7.85	7.76	-----	-----	-----
10.32	10.22	10.19	10.16	10.12	9.98	-----	-----	-----
3.64	3.59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.26	5.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.37	3.35	3.33	3.31	3.28	3.23	-----	-----	-----
5.55	5.48	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.25	5.19	5.17	5.15	5.08	4.98	-----	-----	-----
5.44	5.38	5.37	5.35	5.30	5.23	-----	-----	-----
4.04	3.95	3.94	3.91	-----	-----	-----	-----	-----
5.75	5.69	5.68	5.66	-----	-----	-----	-----	-----
7.26	7.15	7.12	7.17	7.20	7.13	7.03	7.03	7.03
6.72	6.63	6.61	6.58	-----	-----	-----	-----	-----
7.01	6.92	6.89	6.87	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G5-1a Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

5.16	4.99	4.98	4.95	-----	-----	-----	-----	-----
9.87	9.72	9.69	9.65	9.59	9.46	9.37	9.35	9.35
10.39	10.18	10.14	10.11	10.07	9.95	9.90	9.84	9.85
6.45	6.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8.31	8.14	8.10	8.07	7.98	7.84	7.78	7.73	7.68
5.01	4.91	4.89	4.87	4.81	4.73	4.69	4.66	4.63
7.57	7.43	7.40	7.38	7.25	7.17	7.10	7.05	6.92
11.34	11.09	11.04	11.01	10.88	10.75	10.65	10.58	10.53
6.21	6	5.98	5.96	5.91	5.84	5.75	5.68	5.60
Formulación 2								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
9.61	9.52	9.48	9.48	9.37	9.35	9.31	9.25	9.36
6.82	6.8	6.76	6.76	-----	-----	-----	-----	-----
6.03	6	-----	-----	-----	-----	-----		
5.93	5.84	-----	-----	-----	-----	-----		
6.75	6.76	6.74	6.73	6.7	6.56	-----	-----	-----
4.44	4.41	4.41	4.41	4.37	4.25	4.22	4.15	4.13
4.74	4.61	4.58	4.54	4.4	4.2	-----	-----	-----
5.56	5.49	5.46	5.42	-----	-----	-----	-----	-----
8.17	8.06	-----	-----	-----	-----	-----		
6.61	6.55	6.52	6.50	6.4	6.29	-----	-----	-----
5.3	5.23	5.20	5.16	-----	-----	-----	-----	-----
5.34	5.24	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.51	7.41	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.86	5.77	5.73	5.68	-----	-----	-----	-----	-----
4.22	4.16	4.13	4.10	4.03	3.94	3.91	3.87	3.84

Continúa...

Tabla G5-1b Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

7.96	7.84	7.79	7.75	-----	-----	-----	-----	-----
7.14	7.05	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9.09	9.05	9.02	8.97	8.83	8.71	8.63	8.55	8.58
4.53	4.46	4.42	4.37	-----	-----	-----	-----	-----
8.19	8.08	8.04	8.00	7.87	7.71			
4.77	4.69	4.66	4.63	-----	-----	-----	-----	-----
4.67	4.56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.65	6.61	6.57	6.52	6.39	6.25	6.19	6.1	6.06
5.49	5.44	5.41	5.36	-----	-----	-----	-----	-----
9.1	8.97	8.92	8.80	-----	-----	-----	-----	-----
8.91	8.81	8.78	8.73	8.6	8.4	8.32	8.21	8.18
3.95	3.82	3.82	3.73	3.53	3.33	3.29	3.21	3.17
7.92	7.77	7.73	7.65	7.38	7.03	6.96	6.76	6.72
9.17	9.1	9.08	9.02	-----	-----	-----	-----	-----
8.75	8.68	8.67	8.61	8.54	8.29	-----	-----	-----
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
3.87	3.76	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.88	6.81	6.79	6.76	6.71	6.59	6.54	6.5	6.43
8.77	8.66	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.8	4.77	4.74	4.73	4.67	4.55	4.54	4.5	4.5
8.17	8.1	8.06	8.01	7.9	7.68	7.64	7.67	7.68
6.52	6.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.42	5.33	5.30	5.25	-----	-----	-----	-----	-----
6.54	6.47	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.27	5.22	5.20	5.16	-----	-----	-----	-----	-----
7.66	7.56	7.52	7.49	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla G5-1c Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

6.41	6.35	6.32	6.28	6.29	6.14	-----	-----	-----
3.79	3.74	-----	-----	-----	-----	-----		
5.21	5.09	5.07	5.04	-----	-----	-----	-----	-----
4.27	4.2	4.18	4.15	4.1	3.98	4	3.86	
6.53	6.47	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.59	5.51	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.49	6.42	6.40	6.36	6.21	6.07	-----	-----	-----
5.79	5.73	5.73	5.70	-----	-----	-----	-----	-----
4.69	4.6	4.57	4.51	4.43	4.23	4.2	4.1	4.07
5.78	5.68	5.67	5.64	5.57	5.47	5.41	5.31	5.31
5.56	5.48	5.46	5.43	5.36	5.21	-----	-----	-----
5.98	5.9	5.86	5.81	5.74	5.54	-----	-----	-----
7.78	7.67	7.64	7.57	7.46	7.21	7.17	7.09	7.05
4.77	4.73	4.70	4.66	-----	-----	-----	-----	-----
3.83	3.76	3.73	3.69	-----	-----	-----	-----	-----
4.51	4.38	4.35	4.31	4.24	4.07	-----	-----	-----
7.15	7.04	7.01	6.93	6.89	6.73	6.66	6.47	6.47
5.97	5.9	5.88	5.83	5.78	5.65	5.53	5.51	5.51
4.34	4.25	4.23	4.17	-----	-----	-----	-----	-----
3.75	3.67	3.64	3.59	3.54	3.4	-----	-----	-----
Formulación 4								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
8.96	8.91	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.7	4.68	4.63	4.62	-----	-----	-----	-----	-----
5.36	5.34	5.30	5.28	-----	-----	-----	-----	-----
7.63	7.57	7.51	7.48	7.41	7.35	-----	-----	-----
5.84	5.85	5.82	5.79	5.78	5.72	5.65	5.53	5.49

Continúa...

Tabla G5-1d Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

5.44	5.44	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.05	5.95	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.63	5.57	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.61	5.55	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.06	6.99	6.93	6.90	6.81	6.77	6.72	6.64	6.62
5.32	5.27	5.22	5.21	5.13	5.08	-----	-----	-----
5.34	5.3	5.26	5.25	5.2	5.2	5.21	4.94	
6.23	6.14	6.11	6.08	-----	-----	-----	-----	-----
4.76	4.71	4.67	4.64	4.59	4.53	-----	-----	-----
5.05	4.97	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.64	3.62	3.57	3.57	3.52	3.49	3.45	3.42	3.42
3.36	3.32	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.65	4.59	4.53	4.51	4.45	4.41	-----	-----	-----
5.77	5.71	5.69	5.68	-----	-----	-----	-----	-----
7.41	7.34	7.29	7.27	7.18	7.12	7.1	7.09	7.08
6.06	5.97	5.92	5.90	5.79	5.75	5.73	5.7	5.7
5.73	5.67	5.61	5.61	-----	-----	-----	-----	-----
7.37	7.28	7.21	7.18	7.15	7.1	-----	-----	-----
7.43	7.35	7.30	7.27	6.98	6.9	-----	-----	-----
6.01	5.91	5.85	5.81	-----	-----	-----	-----	-----
9.47	9.35	9.28	9.21	8.97	8.83	8.71	8.53	8.48
5.64	5.58	5.52	5.49	-----	-----	-----	-----	-----
6.6	6.51	6.43	6.39	6.2	6.11	-----	-----	-----
4.25	4.19	4.11	4.07	3.96	3.9	-----	-----	-----
4.66	4.57	4.49	4.44	4.32	4.2	-----	-----	-----
6.25	6.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Sin recubrimiento								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
5.21	5.15	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.06	5.05	5.02	5.01	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G5-1e Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

7.85	7.8	7.79	7.75	-----	-----	-----	-----	-----
6.71	6.68	6.68	6.67	6.62	6.6	-----	-----	-----
5.5	5.49	5.49	5.49	5.47	5.42	5.38	5.38	5.38
5.65	5.61	5.61	5.61	5.6	-----	-----	-----	-----
7.69	7.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.01	5.94	5.93	5.90	5.88	5.78	5.6	5.54	5.54
3.7	3.65	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8.18	8.07	8.06	8.02	-----	-----	-----	-----	-----
4.74	4.67	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.71	4.64	4.63	4.61	-----	-----	-----	-----	-----
5.62	5.54	5.51	5.50	5.46	5.42	5.35	5.35	5.35
4.84	4.76	4.73	4.69					
4.37	4.32	4.30	4.28	4.13	4.06	4.02	3.98	3.96
6.63	6.55	6.52	6.47	-----	-----	-----	-----	-----
5.83	5.75	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.17	5.11	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.83	5.79	5.74	5.71	5.68	5.56	5.55	5.54	5.51
4.41	4.35	4.35	4.30	4.25	4.19	-----	-----	-----
4.97	4.89	4.88	4.85	-----	-----	-----	-----	-----
5.83	5.75	5.74	5.71	-----	-----	-----	-----	-----
4.27	4.19	4.18	4.16	-----	-----	-----	-----	-----
4.62	4.53	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.26	7.16	7.13	7.09	7.08	6.88	-----	-----	-----
6.53	6.48	6.46	6.43	6.38	6.32	6.28	6.23	6.19
6.91	6.81	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.86	4.79	4.77	4.73	4.66	4.54	4.49	4.46	4.45

Continúa...

Tabla G5-1e Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

4.66	4.63	4.63	4.61	4.57	4.52	4.48	4.42	4.39
8.91	8.78	8.75	8.71	8.64	8.49	8.39	8.29	8.22
Formulación 5								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
5.6	5.54	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.1	5.05	5.00	5.00	-----	-----	-----	-----	-----
6.58	6.51	6.47	6.46	-----	-----	-----	-----	-----
5.96	5.87	5.84	5.84	5.79	5.73	5.71	5.68	5.65
10.83	10.69	10.65	10.64	10.63	10.53	-----	-----	-----
6.13	6.07	6.03	6.03	6	5.9	-----	-----	-----
5.79	5.69	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.77	4.63	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.76	5.67	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.5	4.41	4.38	4.37					
7.39	7.28	7.24	7.22	7.16	7.07	7.06	7.05	7.04
5.05	4.91	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.72	5.65	5.61	5.59	-----	-----	-----	-----	-----
5.91	5.79	5.76	5.75	5.64	5.52	5.49	5.41	
5.23	5.09	5.06	5.04	4.97	4.87	-----	-----	-----
6.02	5.95	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.72	5.65	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.3	6.15	6.10	6.07	5.95	5.88	5.88	5.85	5.82
5.35	5.21	5.16	5.13	5.04	-----	-----	-----	-----
5.8	5.73	5.70	5.69	5.63	5.51	-----	-----	-----
5.61	5.5	5.45	5.45	5.38	5.29	-----	-----	-----
6.67	6.55	6.51	6.50	6.42	6.33	6.26	6.21	6.22
6.68	6.48	6.44	6.42	6.31	6.21	6.16	6.14	6.2
5.17	5.05	5.02	5.00	-----	-----	-----	-----	-----
5.91	5.77	5.74	5.72	5.6	5.49	5.49	5.41	5.35
6.72	6.57	6.54	6.52	-----	-----	-----	-----	-----
4.28	4.16	4.13	4.11	4.05	3.96	3.91	3.86	3.81

Tabla G5-1f Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

5.66	5.51	5.47	5.46	5.37	5.31	5.26	5.21	5.18
4.3	4.21	4.19	4.17	-----	-----	-----	-----	-----
4.46	4.37	4.35	4.34	4.3	4.23	4.18	4.15	4.13
Formulación 6								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
7.08	7.04	7.05	7.00	7.00	6.90	-----	-----	-----
5.52	5.51	5.51	5.47	5.47	5.41	-----	-----	-----
5.86	5.83	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.04	7.03	7.02	6.99	6.95	6.95	-----	-----	-----
9.52	9.52	9.52	9.48	9.48	9.4	9.4	9.4	9.4
5.46	5.46	5.45	5.44	5.43	5.39	5.39	5.36	5.35
5.06	5.03	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.75	3.7	3.67	3.66	-----	-----	-----	-----	-----
5.41	5.34	5.30	5.28	-----	-----	-----	-----	-----
5.44	5.37	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.33	6.23	6.20	6.18	6.1	6.03	6.01	5.99	5.97
6.26	6.26	6.23	6.21	6.15	6.08	6.07	6.05	6.01
5.67	5.62	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6	5.96	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.95	4.91	4.86	4.85	4.74	4.67	-----	-----	-----
5.05	4.98	4.95	4.93	4.81	4.74	4.71	4.67	-----
6.22	6.2	6.17	6.17	6.05	5.97	-----	-----	-----
7.01	6.89	6.84	6.82	6.69	6.63	6.63	6.6	6.57
6.43	6.39	6.33	6.30	6.22	6.21	6.09	6.05	6.05
4.84	4.79	4.73	4.71	-----	-----	-----	-----	-----
5.74	5.66	5.61	5.60	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G5-1g Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

7.07	7	6.95	6.93	6.78	6.7	-----	-----	-----
6.62	6.58	6.52	6.51	6.33	6.14	6.07	6.03	6.01
7.13	7.13	7.05	7.03	6.87	6.79	6.75	6.72	6.68
5.11	5.03	4.94	4.91	4.75	4.69	-----	-----	-----
4.56	4.49	4.42	4.40	-----	-----	-----	-----	-----
9.47	9.32	9.20	9.13	-----	-----	-----	-----	-----
6.06	6.02	5.93	5.89	-----	-----	-----	-----	-----
3.77	3.74	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.15	6.16	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Formulación 7								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
5.21	5.17	5.15	5.15	-----	-----	-----	-----	-----
6.07	6.02	6.01	5.98	5.91	5.71			
4.92	4.85	4.82	4.81	-----	-----	-----	-----	-----
8.29	8.25	8.23	8.19	8.15	8.06	8.02	7.94	7.92
7.14	7.09	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.79	5.73	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.85	4.79	4.77	4.74	4.69	4.58	4.55	4.51	4.49
7.81	7.73	7.71	7.67	7.60	7.48	7.45	7.45	7.45
6.95	6.88	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.51	5.42	5.39	5.38	5.33	5.19	-----	-----	-----
9.27	9.17	9.14	9.12	9.06	8.90	8.88	8.88	8.88
5.41	5.36	5.33	5.32	5.28	5.23	-----	-----	-----
7.44	7.36	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.52	5.44	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.09	4.99	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G5-1h Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

3.74	3.67	3.64	3.63					
5.88	5.84	5.83	5.82					
7.11	7.01	6.97	6.95	6.91	6.71	6.67	6.63	6.60
8.41	8.26	8.17	8.11					
3.78	3.71	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.73	7.63	7.57	7.55					
5.98	5.89	5.85	5.82	5.80	5.76	5.68	5.65	5.64
6.2	6.15	6.13	6.11	6.10	6.00	5.98	5.95	5.95
6.84	6.69	6.63	6.62	6.58	6.39	6.37	6.31	
5.2	5.13	5.11	5.09					
6.14	6.07	6.03	6.01	5.95	5.74			
4.33	4.23	4.21	4.18	4.13	3.96			
5.79	5.68	5.66	5.64	5.59	5.40			
7.18	7.10	7.05	7.04	7.01	6.83			
6.74	6.72	6.68	6.65	6.60	6.38	6.35	6.31	6.31
Formulación 8								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
7.34	7.27	7.25	7.25					
8.91	8.88	8.89	8.89	8.82	8.73			
6.47	6.48	6.46	6.46	6.4	6.32			
6.33	6.32	6.32	6.32	6.25	6.14	5.81	5.76	5.77
5.26	5.29	5.28	5.28					
4.12	4.1	4.09	4.07					
3.87	3.84	3.82	3.80					
5.28	5.23	5.21	5.19	5.14	5.02	5.01	4.97	4.98
5.62	5.56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G5-1i Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

4.8	4.77	4.76	4.74	4.7	4.62	4.61	-----	-----
6.3	6.25	6.25	6.22	-----	-----	-----	-----	-----
7.07	7.08	7.04	7.02	6.91	6.79	6.76	6.73	6.77
7.64	7.55	7.51	7.50	7.44	7.29	-----	-----	-----
5.41	5.37	5.34	5.30	-----	-----	-----	-----	-----
6.39	6.32	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.8	3.76	3.74	3.71	3.65	3.59	3.57	3.52	3.51
4.56	4.55	4.53	4.52	-----	-----	-----	-----	-----
6.19	6.16	6.14	6.10	5.97	-----	-----	-----	-----
6.02	5.93	5.91	5.87	5.79	5.69			
5.77	5.65	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.89	3.86	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.75	3.66	3.63	3.58	3.49	3.41	3.37	3.32	3.29
6.2	6.19	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.84	4.78	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3.96	3.93	3.90	3.88	3.8	3.76	-----	-----	-----
5.83	5.79	5.77	5.72	5.63	5.55	5.56	5.52	5.51
5.09	5.05	5.03	4.98	4.86	4.78	4.61	-----	-----
4.81	4.77	4.74	4.70	4.6	4.51	4.47	4.39	4.36
6.1	6.03	5.99	5.95	5.85	5.7	5.65	5.58	5.51
6.22	6.19	6.14	6.10	5.99	5.85	5.83	5.76	5.77
6.96	6.95	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Formulación 9								
Día 0	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13
5.89	5.85	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.49	4.48	4.44	4.44	-----	-----	-----	-----	-----

Continúa...

Tabla G5-1k Registro de peso de moras recubiertas y no recubiertas

5.09	5.05	5.03	5.01					
5.66	5.62	5.59	5.58					
5.46	5.44	5.41	5.40	5.38	5.3			
5.05	5.02	4.99	4.98	4.96	4.96	4.8	4.74	4.68
6.21	6.15	6.13	6.10	6.06	5.96			
6.01	5.99	5.95	5.93	5.87	5.87	5.74	5.73	5.64
7.96	7.9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.35	7.3	7.27	7.24	7.17	6.99			
6.97	6.89	6.86	6.84					
5.08	5.02	5.00	4.96	4.9	4.84	4.75	4.68	4.61
4.83	4.76	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.23	5.2	5.17	5.15	5.09	5.02	4.97	4.91	4.89
5.54	5.47	5.43	5.40					
5.23	5.18	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.32	5.28	5.24	5.22					
2.82	2.78	2.77	2.76	2.7	2.58			
5.48	5.42	5.38	5.36	5.27				
5.28	5.24	5.21	5.19	5.12	5.11			
5.3	5.28	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8.63	8.58	8.51	8.48	8.41	8.16	8.07	7.95	7.91
6.24	6.21	6.16	6.15	6.04	5.87	5.79	5.7	5.68
5.54	5.53	5.48	5.47	5.4	5.3	5.26	5.21	5.17
7.15	7.11	7.08	7.06	6.97	6.88			
5.86	5.78	5.73	5.69					
4.3	4.25	4.20	4.17					
6.05	5.99	5.94	5.91	5.8	5.76	5.46	5.39	5.32

Continúa...

ANEXO H.

Instrumentos y resultados del análisis sensorial de aceptabilidad.

ANEXO H.1.

Instrumento para la evaluación sensorial, dentro de la vida de anaquel.

DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE FRESAS SIN RECUBRIR

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD, PRUEBA HEDONICA (Ramírez Navas, 2012)

Evaluador: _____ **Fecha de inicio:** _____

Presentación: Este instrumento corresponde a la investigación: “Formulación y caracterización de una biopelícula comestible a partir de almidón de Sorgo y Yuca”, cuya realización tiene como uno de sus objetivos, evaluar el aumento de la vida de anaquel de productos alimenticios altamente perecederos como fresas y moras, mejorando y manteniendo en el tiempo características fisicoquímicas y sensoriales de éstas.

Objetivo: Determinar el periodo de vida de anaquel para fresas sin recubrir, a través de la evaluación de las características sensoriales de las mismas (olor, sabor, textura y apariencia).

Instrucciones: Frente a usted se encuentra la muestra de fresa sin recubrir. Por favor evaluar cada uno de los atributos mostrados en el formulario, utilizando la siguiente escala hedónica de 5 puntos.

1	2	3	4	5
Me desagrada mucho	Me desagrada levemente	No me agrada, ni me desagrada	Me agrada levemente	Me agrada mucho

Indique el grado en que le agrada o le desagrada cada atributo de la muestra, de acuerdo con el puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en el siguiente cuadro.

NOTA:

- Para evaluar cada uno de los atributos de la muestra, tomar de referencia las características sensoriales de una fresa fresca.
- Si observa algún tipo de deterioro (deshidratación, manchas, color y textura desagradable), en la muestra presentada, por favor colocarlo en la sección de observaciones, asignada a cada día.

Día	MUESTRA	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO					
1 14/07/17		OLOR	SABOR	COLOR	TEXTURA	APARIENCIA	¿Adquiriría la muestra?

	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones:						
4 17/07/17	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones						
Día	MUESTRA	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO					
6 19/07/17	FRESA sin recubrir	OLOR	SABOR	COLOR	TEXTURA	APARIENCIA	¿Adquiriría la muestra? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones:						
8 21/07/17	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones:						
11 24/07/17	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones:						
12 25/07/17	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones:						
13 26/07/17	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Observaciones						
14 27/07/17	FRESA sin recubrir						<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

	Observaciones
--	----------------------

Gracias por su colaboración.

ANEXO H.2.

Evaluación sensorial en la prueba preliminar de vida de anaquel

Tabla H2-1. Evaluación sensorial de fresas recubiertas

		Calificación por cada atributo					¿Adquiriría la muestra?
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
1	Me agrada mucho	62.5%	62.5%	75.0%	62.5%	62.5%	100%
	Me agrada levemente	25.0%	37.0%	25.0%	25.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					¿Adquiriría la muestra?
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
4	Me agrada mucho	37.5%	100.0%	62.5%	75.0%	50.0%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	0.0%	37.5%	25.0%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					¿Adquiriría la muestra?
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
6	Me agrada mucho	62.5%	75.0%	62.5%	75.0%	75.0%	100%
	Me agrada levemente	25.0%	12.5%	37.5%	25.0%	25.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					¿Adquiriría la muestra?
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
7	Me agrada mucho	50.0%	75.0%	25.0%	75.0%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	12.5%	62.5%	12.5%	75.0%	
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	12.5%	12.5%	12.5%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Continúa...

Tabla H2-1a. Evaluación sensorial de fresas recubiertas

		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
8	Me agrada mucho	37.5%	62.5%	25.0%	62.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	25.0%	62.5%	37.5%	75.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	12.5%	12.5%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
9	Me agrada mucho	37.5%	75.0%	25.0%	62.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	25.0%	62.5%	25.0%	62.5%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	12.5%	12.5%	12.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
10	Me agrada mucho	37.5%	50.0%	12.5%	62.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	37.5%	75.0%	25.0%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
11	Me agrada mucho	25.0%	50.0%	12.5%	37.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	50.0%	87.5%	50.0%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	0.0%	12.5%	12.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
12	Me agrada mucho	25.0%	25.0%	12.5%	12.5%	12.5%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	62.5%	62.5%	62.5%	62.5%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	12.5%	25.0%	25.0%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Tabla H2-1b. Evaluación sensorial de fresas recubiertas

Día	Indicador	Calificación por cada atributo					¿Adquiría la muestra?
		Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
13	Me agrada mucho	0.0%	0.0%	25.0%	25.0%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	75.0%	37.5%	50.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	37.5%	25.0%	37.5%	25.0%	37.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Día	Indicador	Calificación por cada atributo					¿Adquiría la muestra?
		Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
14	Me agrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	Me agrada levemente	37.5%	25.0%	37.5%	50.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	62.5%	75.0%	62.5%	50.0%	62.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Tabla H2-2. Evaluación sensorial de fresas no recubiertas

Día	Indicador	Calificación por cada atributo					¿Adquiría la muestra?
		Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
1	Me agrada mucho	62.5%	87.5%	87.5%	62.5%	75.0%	100%
	Me agrada levemente	25.0%	12.5%	12.5%	37.5%	25.0%	
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Día	Indicador	Calificación por cada atributo					¿Adquiría la muestra?
		Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
4	Me agrada mucho	50.0%	87.5%	100.0%	100.0%	87.5%	100%
	Me agrada levemente	25.0%	12.5%	0.0%	0.0%	12.5%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Continúa...

Tabla H2-2a. Evaluación sensorial de fresas no recubiertas

		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
6	Me agrada mucho	50.0%	50.0%	12.5%	62.5%	0.0%	100%
	Me agrada levemente	37.5%	37.5%	75.0%	37.5%	87.5%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	12.5%	12.5%	0.0%	12.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
7	Me agrada mucho	37.5%	50.0%	25.0%	62.5%	37.5%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	37.5%	50.0%	25.0%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	12.5%	25.0%	12.5%	12.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
8	Me agrada mucho	12.5%	25.0%	25.0%	62.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	75.0%	62.5%	75.0%	25.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	12.5%	0.0%	0.0%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	12.5%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
9	Me agrada mucho	12.5%	25.0%	12.5%	50.0%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	50.0%	62.5%	37.5%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	25.0%	25.0%	12.5%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
10	Me agrada mucho	0.0%	25.0%	0.0%	12.5%	12.5%	88%
	Me agrada levemente	62.5%	50.0%	62.5%	62.5%	50.0%	

Continúa...

Tabla H2-2b. Evaluación sensorial de fresas no recubiertas

No me agrada ni me desagrada	37.5%	25.0%	37.5%	25.0%	37.5%
Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabla H2-3. Evaluación sensorial de moras recubiertas

Día	Indicador	Calificación por cada atributo					¿Adquiriría la muestra?
		Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	
1	Me agrada mucho	12.5%	37.5%	75.0%	87.5%	62.5%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	62.5%	25.0%	12.5%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Calificación por cada atributo							
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
5	Me agrada mucho	12.5%	37.5%	62.5%	75.0%	50.0%	100%
	Me agrada levemente	75.0%	62.5%	25.0%	25.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	12.5%	0.0%	12.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Calificación por cada atributo							
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
7	Me agrada mucho	12.5%	50.0%	50.0%	25.0%	37.5%	100%
	Me agrada levemente	75.0%	50.0%	37.5%	62.5%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	12.5%	12.5%	12.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Calificación por cada atributo							
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
9	Me agrada mucho	12.5%	62.5%	50.0%	37.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	37.5%	37.5%	50.0%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	0.0%	12.5%	12.5%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Continúa...

Tabla H2-3a. Evaluación sensorial de moras recubiertas

		Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
10	Me agrada mucho	12.5%	50.0%	50.0%	62.5%	50.0%	100%
	Me agrada levemente	75.0%	50.0%	25.0%	12.5%	25.0%	
	No me agrada ni me desagrada	12.5%	0.0%	25.0%	25.0%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
13	Me agrada mucho	12.5%	50.0%	25.0%	12.5%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	25.0%	50.0%	62.5%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	37.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
14	Me agrada mucho	12.5%	12.5%	25.0%	12.5%	12.5%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	75.0%	50.0%	62.5%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	37.5%	12.5%	25.0%	25.0%	37.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
15	Me agrada mucho	12.5%	25.0%	12.5%	0.0%	12.5%	100%
	Me agrada levemente	37.5%	37.5%	50.0%	50.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	50.0%	37.5%	37.5%	50.0%	50.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
16	Me agrada mucho	25.0%	25.0%	12.5%	0.0%	12.5%	100%
	Me agrada levemente	25.0%	25.0%	37.5%	50.0%	37.5%	

Continúa...

Tabla H2-3b. Evaluación sensorial de moras recubiertas

		No me agrada ni me desagrada	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%
		Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
17	Me agrada mucho	0.0%	12.5%	25.0%	25.0%	12.5%	100%
	Me agrada levemente	37.5%	37.5%	25.0%	50.0%	25.0%	
	No me agrada ni me desagrada	62.5%	50.0%	50.0%	25.0%	62.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Tabla H2-4. Evaluación sensorial de moras no recubiertas

		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
1	Me agrada mucho	12.5%	37.5%	75.0%	100.0%	87.5%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	62.5%	25.0%	0.0%	12.5%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
5	Me agrada mucho	12.5%	50.0%	62.5%	62.5%	87.5%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	50.0%	37.5%	37.5%	12.5%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiriría la muestra?
7	Me agrada mucho	0.0%	25.0%	62.5%	37.5%	62.5%	100%
	Me agrada levemente	75.0%	62.5%	25.0%	37.5%	25.0%	
	No me agrada ni me desagrada	25.0%	12.5%	12.5%	12.5%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	12.5%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Continúa...

Tabla H2-4a. Evaluación sensorial de moras no recubiertas

		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
10	Me agrada mucho	0.0%	25.0%	62.5%	37.5%	37.5%	100%
	Me agrada levemente	62.5%	75.0%	25.0%	50.0%	37.5%	
	No me agrada ni me desagrada	37.5%	0.0%	12.5%	12.5%	25.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
12	Me agrada mucho	12.5%	12.5%	37.5%	0.0%	25.0%	100%
	Me agrada levemente	37.5%	75.0%	37.5%	50.0%	25.0%	
	No me agrada ni me desagrada	50.0%	12.5%	25.0%	50.0%	37.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
13	Me agrada mucho	0.0%	12.5%	50.0%	0.0%	12.5%	100%
	Me agrada levemente	50.0%	75.0%	12.5%	75.0%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	50.0%	12.5%	37.5%	25.0%	37.5%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		Calificación por cada atributo					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿Adquiría la muestra?
14	Me agrada mucho	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	Me agrada levemente	12.5%	25.0%	62.5%	25.0%	0.0%	
	No me agrada ni me desagrada	87.5%	62.5%	37.5%	75.0%	100.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

ANEXO H.3.

Evaluación sensorial de vida de anaquel de fruta recubierta.

Tabla H3-1. Evaluación sensorial de fresas recubiertas.

		CALIFICACION POR CADA ATRIBUTO						
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?	
1	Me agrada mucho	66.7%	66.7%	33.3%	100.0%	33.3%	100%	
	Me agrada levemente	33.3%	33.3%	66.7%	0.0%	66.7%		
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%		
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?	
10	Me agrada mucho	66.7%	66.7%	33.3%	66.7%	0.0%	100%	
	Me agrada levemente	33.3%	33.3%	66.7%	33.3%	66.7%		
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%		
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%		
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?	
14	Me agrada mucho	33.3%	33.3%	0.0%	33.3%	0.0%	100%	
	Me agrada levemente	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	33.3%		
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	66.7%		
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%		
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?	
15	Me agrada mucho	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	100%	

Continúa...

Tabla H3-1a. Evaluación sensorial de fresas recubiertas.

	Me agrada levemente	100.0%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?
16	Me agrada mucho	33.3%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	
	Me agrada levemente	66.7%	100.0%	66.7%	33.3%	66.7%	
	No me agrada ni me desagrada	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100%
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?
17	Me agrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me agrada levemente	0.0%	100.0%	66.7%	33.3%	50.0%	
	No me agrada ni me desagrada	33.0%	0.0%	33.3%	66.7%	50.0%	
	Me desagrada levemente	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100%

Tabla H3-2. Evaluación sensorial de fresas recubiertas.

		CALIFICACION POR CADA ATRIBUTO					
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiría la muestra?
1	Me agrada mucho	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	
	Me agrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	
	No me agrada ni me desagrada	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100%

Continúa...

Tabla H3-2a. Evaluación sensorial de fresas recubiertas.

Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiriría la muestra?
10	Me agrada mucho	0.0%	66.7%	33.3%	33.3%	33.3%	100%
	Me agrada levemente	0.0%	33.3%	66.7%	33.3%	0.0%	
	No me agrada ni me desagrada	100.0%	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiriría la muestra?
16	Me agrada mucho	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	100%
	Me agrada levemente	0.0%	66.7%	66.7%	66.7%	100.0%	
	No me agrada ni me desagrada	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiriría la muestra?
17	Me agrada mucho	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	100 %
	Me agrada levemente	33.3%	33.3%	100.0%	66.7%	100.0%	
	No me agrada ni me desagrada	66.7%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiriría la muestra?
18	Me agrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	Me agrada levemente	33.3%	100.0%	100.0%	33.3%	33.3%	
	No me agrada ni me desagrada	66.7%	0.0%	0.0%	66.7%	66.7%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

Continúa...

Tabla H3-2b. Evaluación sensorial de fresas recubiertas.

Día	Indicador	Olor	Sabor	Color	Textura	Apariencia	¿adquiriría la muestra?
19	Me agrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me agrada levemente	0.0%	33.3%	33.3%	0.0%	33.3%	
	No me agrada ni me desagrada	100.0%	66.7%	66.7%	100.0%	66.7%	
	Me desagrada levemente	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Me desagrada mucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100%

ANEXO H.4.**Instrumento de análisis sensorial de aceptabilidad**

EVALUACIÓN SENSORIAL EN FRESAS

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA, PRUEBA HEDONICA

Número de evaluador: _____

Presentación: Este instrumento corresponde a la investigación: “Formulación y caracterización de una biopelícula comestible a partir de almidón de Sorgo y Yuca”, cuya realización tiene como uno de sus objetivos, evaluar la aceptabilidad del recubrimiento comestible aplicado a frutos frescos, a través de la opinión de consumidores potenciales.

Objetivo: Determinar la aceptabilidad del recubrimiento comestible aplicado en fresas, por medio de la evaluación de atributos como: apariencia, olor, sabor y textura.

Instrucciones: Frente a usted se encuentra 2 muestras de fresas codificadas, inicie realizando la evaluación con la muestra 145 y termine con la muestra 789. **Enjuagarse con agua, entre cada muestra.**

1	2	3	4	5
Me desagrada mucho	Me desagrada levemente	No me agrada, ni me desagrada	Me agrada levemente	Me agrada mucho

- Indique el grado en que le agrada o le desagrada cada atributo de la muestra, de acuerdo con el puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente a cada muestra en el siguiente cuadro.

NOTA:

- Para evaluar cada uno de los atributos de la muestra, tomar de referencia las características sensoriales de una fresa lista para el consumo.

N° MUESTRA	OLOR	SABOR	TEXTURA	APARIENCIA
Observación:				
N° MUESTRA	OLOR	SABOR	TEXTURA	APARIENCIA
Observación:				

2. En base a la evaluación general de las muestras, marque cuál de las 2 preferiría.

145

789

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO

CENSALUD

162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: MORAS CON RECUBRIMIENTO (DÍA 1) Código: 180802

Elaborado por: TESIS

No. lote: _____ Fecha vencimiento: S/N

Sandra Laínez / Verónica Arévalo /

Solicitante: Gerson Azucena Fecha de emisión: 29/09/2017

(1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en

Método: placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.

Fecha de Muestreo: 18-08-2017 Hora de Muestreo: No reportada

Persona que tomó la muestra: Sandra Laínez

Descripción: Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	220 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	450 UFC/g	-----
<p>UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra.</p> <p>OBSERVACIONES:</p> <p>- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.</p> <p>* Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.</p>		




MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 18-08-2017



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO

CENSALUD

162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: **MORAS CON RECUBRIMIENTO**
(DÍA 19, FINAL) Código: **050901**

Elaborado por: **TESIS**

No. lote: _____ Fecha vencimiento: **S/N**
Sandra Laínez / Verónica Arévalo /

Solicitante: **Gerson Azucena** Fecha de emisión: **29/09/2017**
(1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.

Método: **placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.**

Fecha de Muestreo: **05-09-2017** Hora de Muestreo: **No reportada**

Persona que tomó la muestra: **Sandra Laínez**

Descripción: **Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.**

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	9,000 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	1,200 UFC/g	_____

UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra.

OBSERVACIONES:

- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.
* Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en **RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano**, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.


MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: **05-09-2017**



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Finca 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: FRESAS CON RECUBRIMIENTO (DÍA 1) Código: 180801
Elaborado por: TESIS
No. lote: _____ Fecha vencimiento: S/N
Sandra Laínez / Verónica Arévalo /
Solicitante: Gerson Azucena Fecha de emisión: 29/09/2017
(1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en
Método: placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
Fecha de Muestreo: 17-08-2017 Hora de Muestreo: No reportada
Persona que tomó la muestra: Sandra Laínez

Descripción: Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	310 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	480 UFC/g	-----

UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra.

OBSERVACIONES:

- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.
* Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en **RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano**, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.



MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 17-08-2017



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO

CENSALUD

162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: **FRESAS CON RECUBRIMIENTO**
(DÍA 17, FINAL) Código: **050902**

Elaborado por: **TESIS**

No. lote: _____ Fecha vencimiento: **S/N**
Sandra Laínez / Verónica Arévalo /

Solicitante: **Gerson Azucena** Fecha de emisión: **29/09/2017**
(1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.

Método: **placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.**

Fecha de Muestreo: **05-09-2017** Hora de Muestreo: **No reportada**

Persona que tomó la muestra: **Sandra Laínez**

Descripción: **Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.**

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	9,100 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	1,400 UFC/g	-----

UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra.

OBSERVACIONES:

- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.

* Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en **RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano**, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.



Amy Elieth Morán Rodríguez
MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: **05-09-2017**



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: MORAS SIN RECUBRIMIENTO (DÍA 1) Código: 220808
Elaborado por: TESIS
No. lote: ----- Fecha vencimiento: S/N
Solicitante: Sandra Laínez / Verónica Arévalo / Gerson Azucena Fecha de emisión: 29/09/2017
(1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
Método: placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
Fecha de Muestreo: 11-08-2017 Hora de Muestreo: No reportada
Persona que tomó la muestra: Sandra Laínez

Descripción: Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	190 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	510 UFC/g	-----

UFC: Unidades formadoras de Colonias; **g:** gramo(s) de muestra.

OBSERVACIONES:

- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.
* Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en **RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano**, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.


MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 11-08-2017



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: MORAS SIN RECUBRIMIENTO (DÍA 14) Código: 110801
 Elaborado por: TESIS
 No. lote: ----- Fecha vencimiento: S/N
 Solicitante: Sandra Laínez / Verónica Arévalo / Gerson Azucena Fecha de emisión: 29/09/2017
 (1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
 Método: placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
 Fecha de Muestreo: 24-08-2017 Hora de Muestreo: No reportada
 Persona que tomó la muestra: Sandra Laínez

Descripción: Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	12,000 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	1,400 UFC/g	-----

UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra.

OBSERVACIONES:
 - El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.
 * Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.




 MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
 QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 24-08-2017



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO

CENSALUD

162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: FRESAS SIN RECUBRIMIENTO (DÍA 1) Código: 170801
 Elaborado por: TESIS
 No. lote: _____ Fecha vencimiento: S/N
 Solicitante: Sandra Laínez / Verónica Arévalo / Gerson Azucena Fecha de emisión: 29/09/2017
 Método: (1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
 Fecha de Muestreo: 09-08-2017 Hora de Muestreo: No reportada
 Persona que tomó la muestra: Sandra Laínez

Descripción: Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES ⁽¹⁾
Recuento de aeróbicos mesófilos	460 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	400 UFC/g	-----
UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra. OBSERVACIONES: - El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida. * Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano , de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.		


 MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
 QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 09-08-2017



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: FRESA SIN RECUBRIR (DÍA 9) Código: 090801
Elaborado por: TESIS
No. lote: 810817 Fecha vencimiento: S/N
Sandra Laínez / Verónica Arévalo /
Solicitante: Gerson Azucena Fecha de emisión: 29/09/2017
(1) Recuento de mesófilos aeróbicos por vertido en placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 4; (2) Recuento de hongos y levaduras por vertido en
Método: placa, Manual de Análisis Bacteriológico, BAM capítulo 18.
Fecha de Muestreo: 17-08-2017 Hora de Muestreo: No reportada
Persona que tomó la muestra: Sandra Laínez

Descripción: Producto sólido, constituido por 4 unidades de aspecto saludable.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
Recuento de aeróbicos mesófilos	8,200 UFC/g	10,000 UFC/g *
Recuentos de hongos y levaduras	1,600 UFC/g	-----

UFC: Unidades formadoras de Colonias; g: gramo(s) de muestra.

OBSERVACIONES:
- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y remitida.
* Especificaciones proporcionadas por el solicitante, basadas en **RM N° 615-2003 SA/DM Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano**, de Perú, subgrupo 14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 17-08-2017

ANEXO H6.

Resultados para las muestras de fresas con y sin recubrimiento

- **Parámetro: olor**

Los datos de aceptabilidad obtenidos para el atributo “olor” se observan en la tabla H6-1.

Tabla H6-1. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto al olor para las muestras de fresas recubiertas y sin recubrimiento.

Fresa recubierta		Fresa sin recubrir	
¿Cómo calificaría el olor de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría el olor de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	2	Me desagrada poco	2
No me agrada ni desagrada	14	No me agrada ni desagrada	8
Me agrada poco	18	Me agrada poco	5
Me agrada mucho	16	Me agrada mucho	35

Como se puede observar en la Figura H6-1, un total de 35 personas indicaron que la muestra de fresa sin recubrimiento les agrada mucho, sin embargo, para el caso de la fresa con recubrimiento, la mayoría de los panelistas se encuentra entre los puntos: “no me agrada ni desagrada” y “me agrada mucho” repartidos de forma homogénea.



Figura H6-1. Gráfico de barras para el atributo "olor" evaluado en muestras de fresas

○ **Parámetro: sabor**

Los datos de aceptabilidad obtenidos para el atributo "sabor" se observan en la Tabla H6-2.

Tabla H6-2. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto al sabor para las muestras de fresas recubiertas y sin recubrimiento.

Fresa recubierta		Fresa sin recubrir	
¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	0	Me desagrada poco	0
No me agrada ni desagrada	4	No me agrada ni desagrada	2
Me agrada poco	16	Me agrada poco	15
Me agrada mucho	30	Me agrada mucho	33

Como se puede observar en la siguiente Figura H6-2, 33 personas indicaron que la muestra de fresa sin recubrimiento les agrada mucho y 16 personas que les agrada poco, y de manera similar, para el caso de la fresa con recubrimiento, un total de 30

personas seleccionaron la opción “me agrada mucho” y 15 personas “me agrada poco”; vale la pena recalcar que a ningún panelista le desagradan las muestras, por lo que se asume que el recubrimiento no altera el sabor de la fresa.



Figura H6-2. Gráfico de barras para el atributo "sabor" evaluado en muestras de fresas

○ **Parámetro: textura**

Los datos de aceptabilidad para el atributo “textura” se observan en la Tabla H6-3.

Tabla H5-3. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto a la textura para las muestras de fresas recubiertas y sin recubrimiento.

Fresa recubierta		Fresa sin recubrir	
¿Cómo calificaría la textura de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría la textura de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	0	Me desagrada poco	0
No me agrada ni desagrada	9	No me agrada ni desagrada	5
Me agrada poco	15	Me agrada poco	17
Me agrada mucho	26	Me agrada mucho	28

La Figura H6-3 nos muestra gráficamente la evaluación de ambas muestras. 28 personas indicaron que la muestra de fresa sin recubrimiento les agrada mucho, y

de manera similar, para el caso de la fresa con recubrimiento, un total de 26 personas seleccionaron la opción “me agrada mucho”. Paralelamente, 15 personas seleccionaron la opción “me agrada poco”, para la muestra con recubrimiento y 17 personas para la muestra sin recubrimiento.

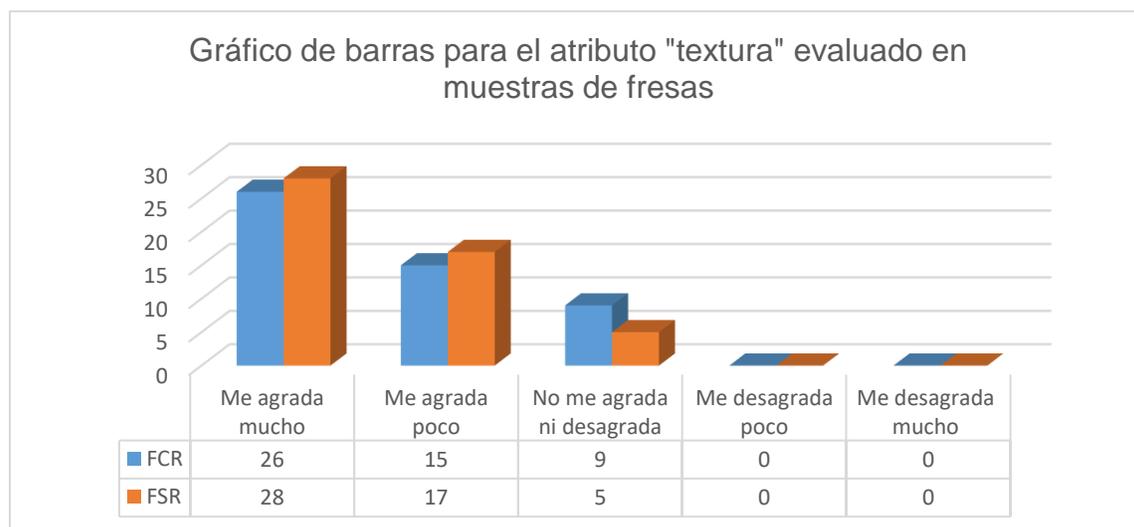


Figura H6-3. Gráfico de barras para el atributo "textura" evaluado en muestras de fresas.

○ **Parámetro: apariencia**

Los datos de aceptabilidad para “apariencia” se observan en la Tabla H6-4.

Tabla H6-4. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto a la apariencia para las muestras de fresas recubiertas y sin recubrimiento.

Fresa recubierta		Fresa sin recubrir	
¿Cómo calificaría la apariencia de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría la apariencia de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	0	Me desagrada poco	1
No me agrada ni desagrada	8	No me agrada ni desagrada	4
Me agrada poco	21	Me agrada poco	10
Me agrada mucho	21	Me agrada mucho	35

En la Figura H6-4 se puede observar que 35 personas indicaron que la muestra de fresa sin recubrimiento les agrada mucho y 21 personas a las que les agrada poco, y para el caso de la fresa con recubrimiento, un total de 21 personas seleccionaron la opción “me agrada mucho” y 10 personas “me agrada poco”. A simple vista se observa la diferencia que los panelistas percibieron entre cada muestra con respecto a la apariencia.



Figura H6-4. Gráfico de barras para el atributo "aparencia" evaluado en muestras de fresas.

Resultados para las muestras de mora con y sin recubrimiento

○ **Parámetro: olor**

Los datos de aceptabilidad para el atributo “olor” se observan en la Tabla H6-5

Tabla H6-5. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto al olor para las muestras de moras recubiertas y sin recubrimiento.

Mora recubierta		Mora sin recubrir	
¿Cómo calificaría el olor de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría el olor de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0

Continúa...

Tabla H6-5. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto al olor para las muestras de moras recubiertas y sin recubrimiento.

Me desagrada poco	0	Me desagrada poco	1
No me agrada ni desagrada	19	No me agrada ni desagrada	23
Me agrada poco	23	Me agrada poco	19
Me agrada mucho	8	Me agrada mucho	7

De la Figura H6-5 se puede observar que en cuanto al olor, las moras recubiertas tuvieron mayor aceptación, ya que un total de 31 personas les agradó la muestra entre mucho y poco, y un total de 26 personas para las moras sin recubrir.

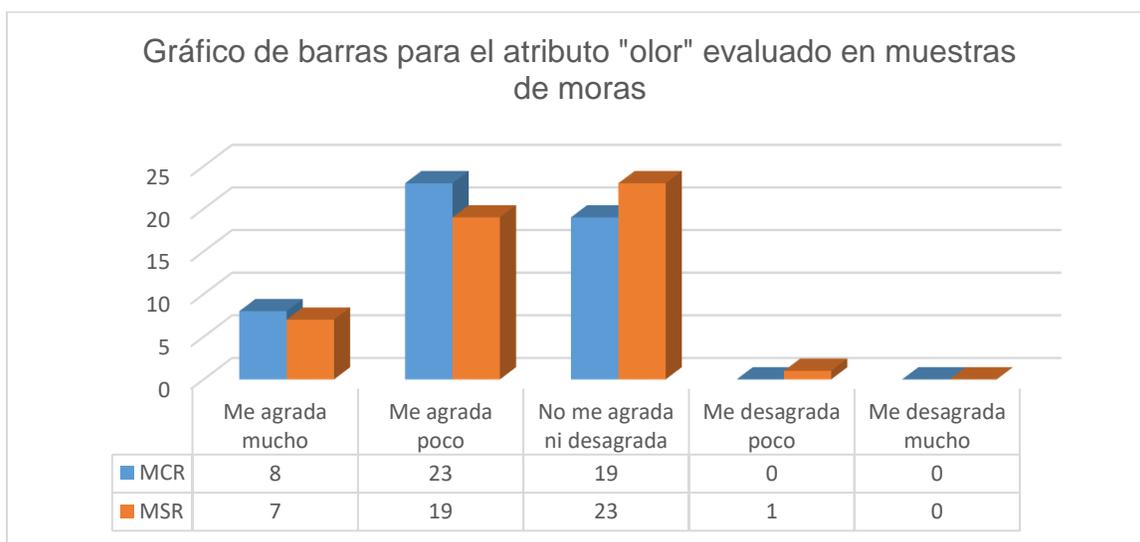


Figura H6-5. Gráfico de barras para el atributo "olor" evaluado en muestras de moras.

○ **Parámetro: sabor**

Los datos de aceptabilidad obtenidos para el atributo "sabor" se observan en la Tabla H6-6.

Tabla H6-6 Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto al sabor para las muestras de moras recubiertas y sin recubrimiento.

Mora recubierta		Mora sin recubrir	
¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	2	Me desagrada poco	3
No me agrada ni desagrada	8	No me agrada ni desagrada	5
Me agrada poco	21	Me agrada poco	25
Me agrada mucho	19	Me agrada mucho	17

De la figura H6-6 se observa que 19 personas indicaron que las moras recubiertas les agradan mucho, contra 17 personas que seleccionaron que las moras sin recubrir les agradan mucho. A simple vista no se observa diferencia significativa entre ambas muestras ya que entre cada punto de la escala, los datos obtenidos son similares.

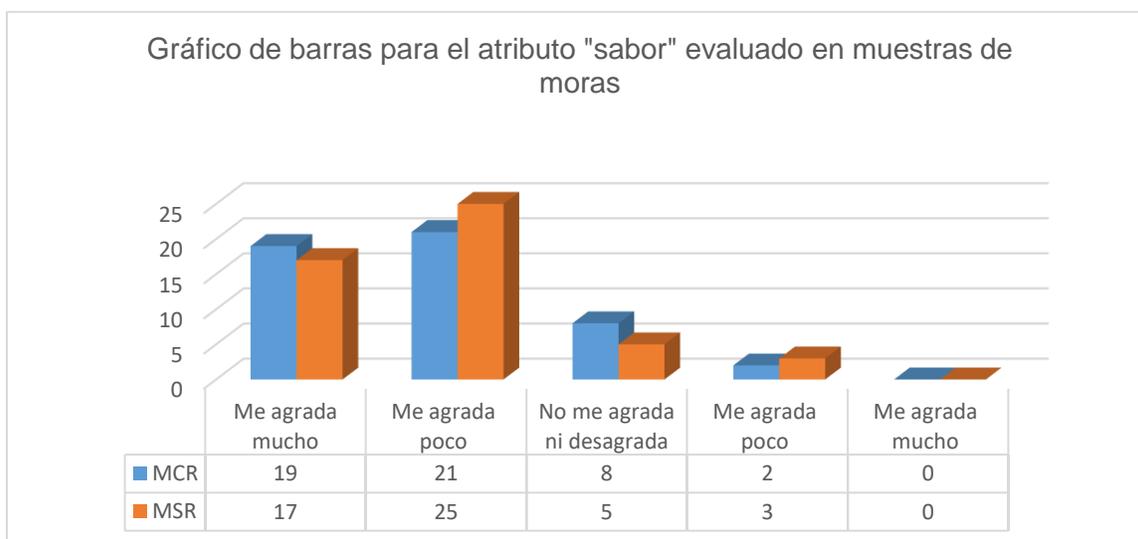


Figura H6-6. Gráfico de barras para el atributo "sabor" evaluado en muestras de moras.

○ **Parámetro: textura**

Los datos de aceptabilidad obtenidos para el atributo “textura” se observan en la Tabla H6-7.

Tabla H6-7. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto a la textura para las muestras de moras recubiertas y sin recubrimiento.

Mora recubierta		Mora sin recubrir	
¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	3	Me desagrada poco	0
No me agrada ni desagrada	13	No me agrada ni desagrada	6
Me agrada poco	18	Me agrada poco	19
Me agrada mucho	16	Me agrada mucho	25

Se observa en la Figura H6-7 que un mayor número de panelistas indicaron que la muestra de mora sin recubrir les agradó mucho, con respecto a la muestra recubierta. Contrario al caso anterior, un número similar de personas indicaron que ambas muestras les agradó poco. Además 3 personas indicaron que la textura de la muestra con recubrimiento les desagradó un poco.

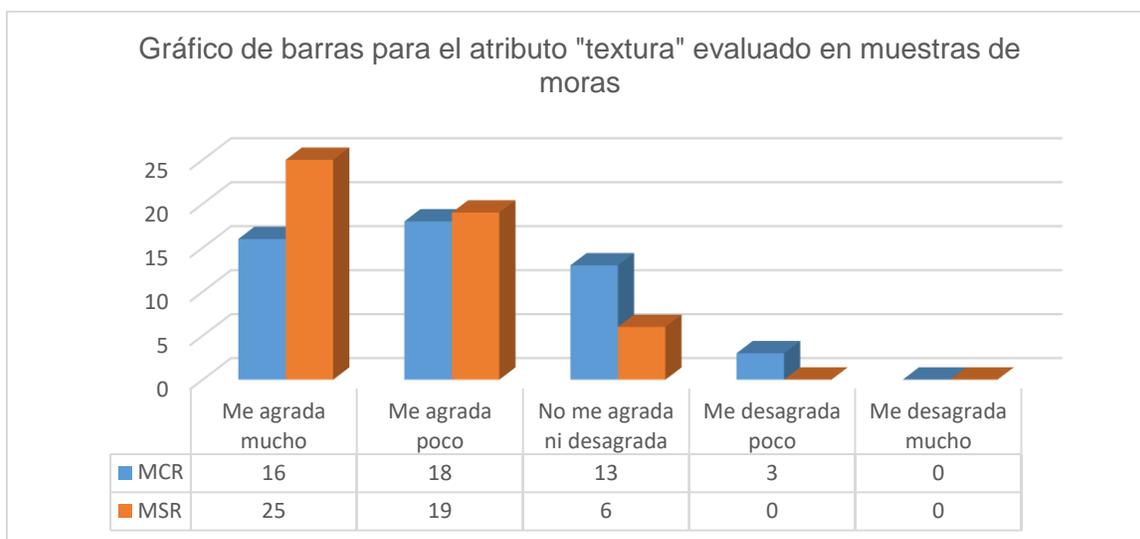


Figura H6-7. Gráfico de barras para el atributo "textura" evaluado en muestras de moras.

○ **Parámetro: apariencia**

Los datos de aceptabilidad obtenidos para el atributo "apariencia" se observan en la Tabla H6-8.

Tabla H6-8. Resumen de las respuestas de los panelistas en cuanto a la apariencia para las muestras de moras recubiertas y sin recubrimiento.

Mora recubierta		Mora sin recubrir	
¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas	¿Cómo calificaría el sabor de la muestra?	Respuestas
Me desagrada mucho	0	Me desagrada mucho	0
Me desagrada poco	0	Me desagrada poco	1
No me agrada ni desagrada	13	No me agrada ni desagrada	6
Me agrada poco	18	Me agrada poco	15
Me agrada mucho	19	Me agrada mucho	28

La Figura H6-8 muestra gráficamente la aceptación del atributo "apariencia", para la muestra de mora sin recubrir, 28 personas indicaron que les agradó mucho, 15 que les agradó poco, 6 que no les agradó ni desagrado y 1 personas que le desagrado

un poco. Para el caso de la muestra con recubrimiento, 19 personas seleccionaron la opción “me agrada mucho”, 18 personas la opción “me agrada poco” y 13 personas a las que no les agrada ni desagrada.

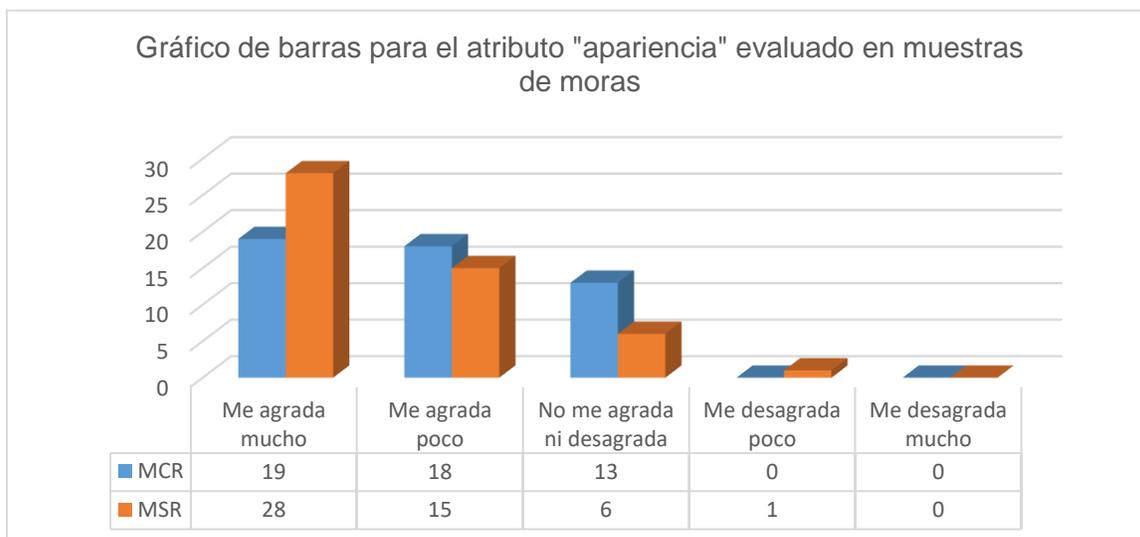


Figura H6-8. Gráfico de barras para el atributo "apariencia" evaluado en muestras de moras.

ANEXO H.7.

TABLA 7.2
Prueba Binomial de Dos Extremos
Probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas ($p = 1/2$)

$n \setminus X$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37													
5	025	312	062																																													
6	088	219	031																																													
7		453	125	016																																												
8			727	289	070	008																																										
9				508	180	039	004																																									
10					754	344	109	021	002																																							
11						548	227	080	011	001																																						
12							774	386	146	035	006																																					
13								581	287	092	022	003																																				
14									424	180	067	013	002																																			
15										607	302	118	035	007	001																																	
16											804	464	210	077	021	004	001																															
17												629	332	143	049	013	002																															
18													815	481	238	096	031	008	001																													
19														848	359	187	064	019	004	001																												
20															824	503	263	115	041	012	003																											
21																664	383	189	078	027	007	001																										
22																	832	523	286	134	062	017	004	001																								
23																		678	405	210	093	035	011	003																								
24																			839	541	307	152	064	023	007	002																						
25																				690	424	230	108	043	015	004	001																					
26																					845	557	327	189	076	029	008	002	001																			
27																						701	442	248	122	052	019	006	002																			
28																							861	572	345	185	087	036	013	004	001																	
29																								711	458	265	136	061	024	008	002	001																
30																									856	585	362	200	099	043	016	005	001															
31																										720	473	281	150	071	030	011	003	001														
32																											880	597	377	215	100	060	020	007	002	001												
33																												728	487	296	163	080	035	014	005	001												
34																												864	608	392	229	121	058	024	009	003	001											
35																													736	500	310	175	090	041	017	006	002											
36																													888	611	405	243	132	065	029	011	004	001										
37																														743	511	324	188	099	047	020	008	003	001									
38																														871	627	418	256	143	073	034	014	006	002									
39																															749	522	337	200	108	063	024	009	003	001								
40																															875	636	430	268	154	081	038	017	008	002	001							
41																																755	533	349	211	117	060	028	012	004	001							
42																																878	644	441	280	164	088	044	020	008	003	001						
43																																	781	542	360	222	126	086	032	014	006	002	001					
44																																	880	652	451	291	174	096	049	023	010	004	001					
45																																		786	551	371	233	135	072	036	016	007	002	001				
46																																																
47																																																
48																																																
49																																																
50																																																

Nota: Se ha omitido la coma del decimal inicial.

Ref.: (B.M Watts, G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elías, 1995)