

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS,
BIOQUÍMICAS Y BIOTECNOLÓGICAS
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
BIOTECNOLÓGICA



ELABORACIÓN DE PELÍCULAS A BASE DE *Aloe barbadensis*
Miller (SÁBILA) Y DE *Caesalpinia spinosa* Kuntze (TARA) CON
ESPESANTES Y PLASTIFICANTES COMO PROTECTOR DE
***Fragaria x ananassa* Duchesne (FRESA)**

TESIS PRESENTADA POR LOS
BACHILLERES:

Castro Aliaga, Elder Alonso

Lazo Portugal, Rodrigo Arturo

BAJO LA ASESORIA DE:

Dra. Roxana Bardales.

PARA OPTAR POR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE: INGENIERO
BIOTECNÓLOGO

AREQUIPA 2015

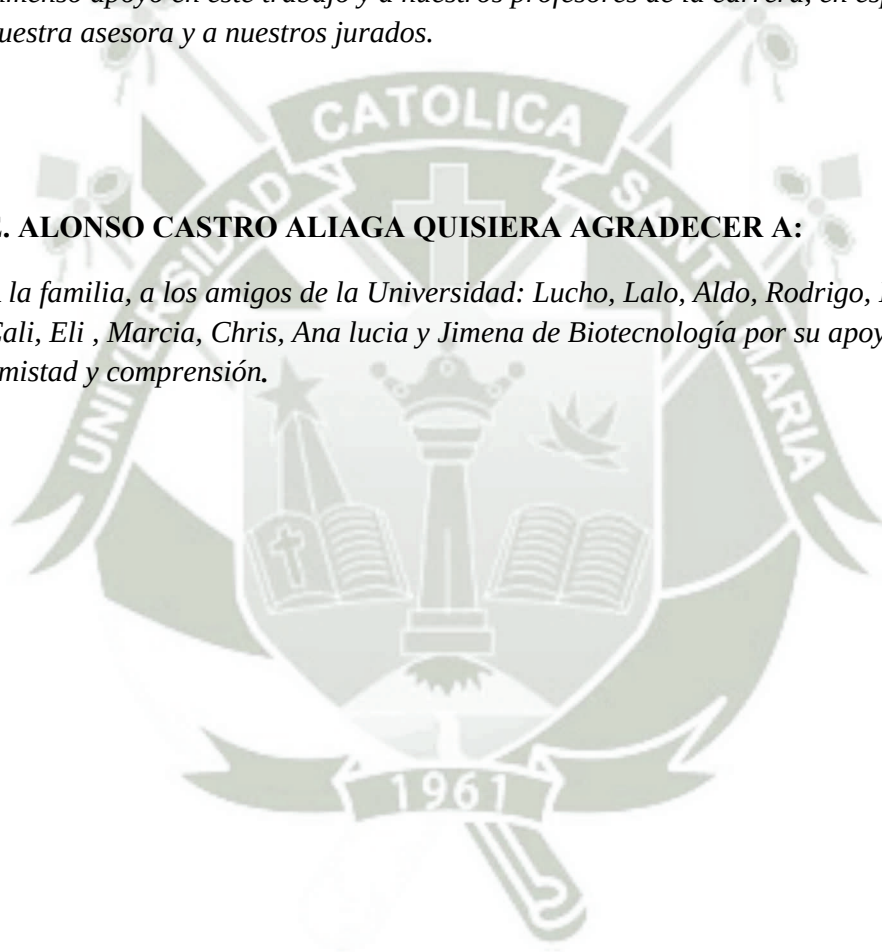
AGRADECIMIENTOS

RODRIGO A. LAZO PORTUGAL QUISIERA AGRADECER A:

Mis padres por todo el apoyo y cariño a lo largo de todos estos años, a mi hermanito Ricardo “Chatin”, a Lucho, Lalo y Alonso, por estos años de amistad en la Universidad, a mis amigas Ana Lucia, Chris, Marcia, Jimena y Kathy; a la promoción de Ing. Biotecnológica 2010. A Hugo Apaza y al grupo BIOSS por el inmenso apoyo en este trabajo y a nuestros profesores de la carrera, en especial a nuestra asesora y a nuestros jurados.

E. ALONSO CASTRO ALIAGA QUISIERA AGRADECER A:

A la familia, a los amigos de la Universidad: Lucho, Lalo, Aldo, Rodrigo, Hugo, Cali, Eli , Marcia, Chris, Ana lucia y Jimena de Biotecnología por su apoyo, amistad y comprensión.



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi mamá, Eliana, me hubiese gustado mucho que estés presente en mi camino hacia la mejora personal.

RODRIGO LAZO.

<<“Todo lo que soy, o espero ser, se lo debo a la angelical solicitud de mi madre” Abraham Lincoln>>



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	xi
HIPÓTESIS.....	xiv
OBJETIVO GENERAL	xv
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xv
CAPÍTULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. TECNOLOGÍAS POST COSECHA, ENFOQUE BIOTECNOLÓGICO	1
1.1.1. BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA Y AGROINDUSTRIAL	2
1.1.2. TIPOS DE TECNOLOGÍAS POST-COSECHA.....	3
1.1.3. USO DE BIOTECNOLOGÍA EN TECNICAS POST-COSECHA	4
1.1.4. RECUBRIMIENTOS NATURALES.....	5
1.2. HIDROCOLOIDES COMO RECUBRIMIENTOS EN ALIMENTOS.....	6
1.2.1. TEORIA DE LOS HIDROCOLOIDES.....	8
1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCOLOIDES	8
1.2.3. TECNOLOGÍA DE RECUBRIMIENTOS EN ALIMENTOS	15
1.2.4. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS A PARTIR DE HIDROCOLOIDES ALIMENTICIOS NATURALES.....	23
1.3. TARA (<i>Caesalpinia spinosa</i> Kuntze).....	39
1.3.1. CARACTERÍSTICAS	39
1.3.2. PROPIEDADES	40
1.3.3. USO COMO RECUBRIMIENTO.....	41
1.4. SÁBILA (<i>Aloe barbadensis</i> Miller)	44
1.4.1. CARACTERÍSTICAS	44
1.4.2. PROPIEDADES	45
1.4.3. USO COMO RECUBRIMIENTO.....	46
1.5. CANELA (<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl).....	48
1.5.1. CARACTERÍSTICAS	48
1.5.2. PROPIEDADES	49
1.5.3. EMPLEO COMO AGENTE ANTIMICROBIANO.....	49

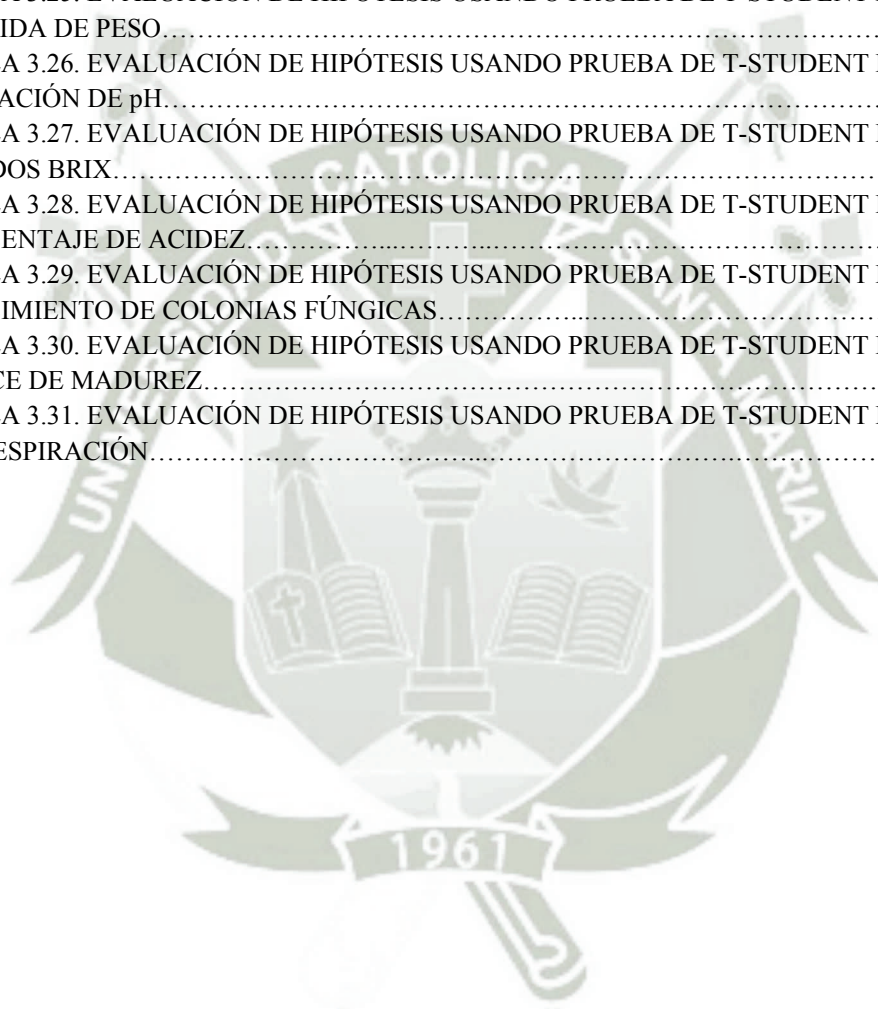
1.6.	FRESA COMUN (<i>Fragaria x ananassa</i> Duchesne)	51
1.6.1.	CARACTERISTICAS	51
1.6.2.	PROPIEDADES	52
1.6.3.	INCONVENIENTES Y PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA FRESA	54
1.6.4.	ANTECEDENTES DE ENSAYOS Y FACTIBILIDAD DEL USO DE HIDROCOLOIDES EN FRESAS.....	61
	CAPÍTULO 2	63
	MATERIALES Y MÉTODOS	63
2.1.	MATERIALES	63
2.2.	TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDES	66
2.2.1.	OBTENCIÓN Y ADECUACIÓN DE MUCÍLAGOS	66
2.3.	EVALUACIÓN DE CONCENTRACION ÓPTIMA Y ADICIÓN DE PLASTIFICANTES 72	
2.3.1.	PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN ADECUADA DE HIDROCOLOIDE.....	72
2.3.2.	ADICIÓN DE PLASTIFICANTES Y ESPESANTES.....	72
2.4.	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECUBRIMIENTO DE FRESAS	76
2.4.1.	PROCESOS DE SELECCIÓN Y LAVADO, ESCRUTINIO DE FRESAS Y PREPARACIÓN DE FRUTOS.....	76
2.4.2.	PROCESOS DE RECUBRIMIENTO DE FRUTOS CON HIDROCOLOIDES	76
2.5.	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL RECUBRIMIENTO EN BASE A FRUTOS DE FRESA: PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, MECÁNICAS, PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y OTROS ENSAYOS.	80
2.5.1.	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	80
2.5.2.	PROPIEDADES MECÁNICAS	82
2.5.3.	PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS DE LA ACCIÓN DEL RECUBRIMIENTO EN FRESAS 84	
2.5.4.	OTROS ENSAYOS.....	86
	CAPÍTULO 3.....	90
	RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y DISCUSIONES	90
3.1.	RESULTADOS DE LOS PROCESOS EXTRACTIVOS EN HIDROCOLOIDES DE SÁBILA Y TARA	90
3.1.1.	EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DE HOJAS DE SÁBILA	91
3.1.2.	EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DE SEMILLAS DE TARA	92
3.2.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES	96
3.2.1.	PARÁMETROS DE OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULA ÓPTIMA.....	101
3.3.	RESULTADOS DE LAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECUBRIMIENTO DE FRESAS	103
3.3.1.	SELECCIÓN, ACONDICIONAMIENTO, PREPARACIÓN DE LAS FRESAS EMPLEADAS.....	103
3.3.2.	ENSAYOS DE RECUBRIMIENTO POR INMERSIÓN	105
3.3.3.	ENSAYOS DE RECUBRIMIENTO POR “CASTING” O “COATING”	110

3.4. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL RECUBRIMIENTO EN BASE A HIDROCOLOIDE DE TARA EN FRUTOS DE FRESA: PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, MECÁNICAS, PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y OTROS ENSAYOS.....	114
3.4.1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD	115
3.4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS MÉCICAS	129
3.4.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	138
3.4.4. RESULTADOS DE OTROS ENSAYOS.....	148
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	154
3.5.1. REGRESIÓN LINEAL PARA PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA.....	154
3.5.2. ANOVA PARA VARIANZA ENTRE GRUPOS DE FRESAS CON RECUBRIMIENTO Y PRUEBA DE T-STUDENT	157
CAPÍTULO 4.....	176
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	176
4.1. CONCLUSIONES.....	176
4.2. RECOMENDACIONES.....	178
BIBLIOGRAFÍA	180
ANEXOS	186
ANEXO 1 – PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA SEGÚN LA NORMATIVA ASTM-E96-80 (1989).	186
ANEXO 2 – CÁLCULOS PARA LA EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE BIOPOLÍMERO Y LA ADICIÓN DE HIDROCOLOIDES.....	192
ANEXO 3 – PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA TASA DE RESPIRACIÓN EN FRUTOS SEGÚN EL MÉTODO DE MARQUEZ et al.	197
ANEXO 4 – PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE GASTO DE TITULACIÓN PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ, CORRECCIÓN DE GRADOS BRIX E ÍNDICE DE MADUREZ..	199
ANEXO 5 – INFORMES DE LA EVALUACIÓN MICROSCÓPICA DE LOS BIOPOLÍMEROS	201
ANEXO 6 – DATOS OBTENIDOS DE PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS Y DE ANÁLISIS DE CALIDAD.	219
ANEXO 7 – ENCUESTA DE DATOS PARA PRUEBA ORGANOLEPTICA	233

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. LISTADO DE HIDROCOLOIDES AMPLIAMENTE EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA Y CON POTENCIAL PARA RECUBRIMIENTOS PROTECTORES.....	PAG. 14
TABLA 1.2. FUNCIONES DE LAS PELÍCULAS PROTECTORAS.....	PAG. 17
TABLA 1.3. USOS POSIBLES DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES Y PROTECTORES.....	PAG. 19
TABLA 1.4. FUNCIÓN APLICABLE PARA SELECCIONAR BIOPELÍCULAS PROTECTORAS.....	PAG. 21
TABLA 1.5. ESPECIFICACIONES DE LA GOMA DE TARA.....	PAG. 40
TABLA 1.6. CONTENIDO ALIMENTICIO Y NUTRICIONAL DE LA FRESA.....	PAG. 50
TABLA 1.7. DURACIÓN DE LA FRESA EN DIFERENTES ENTORNOS.....	PAG. 53
TABLA 1.8. ENFERMEDADES COMUNES DE LA FRESA.....	PAG. 56
TABLA 3.1. RENDIMIENTO (%), VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE TRES TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DE HOJAS DE SÁBILA.....	PAG. 91
TABLA 3.2. RENDIMIENTO (%), VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE DOS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DE SEMILLAS DE TARA.....	PAG. 94
TABLA 3.3. PROPORCIÓN DE DILUCIÓN DE AGUA EN LOS HIDROCOLOIDES DE HOJAS DE SÁBILA Y SEMILLAS DE TARA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	PAG. 98
TABLA 3.4. CONCENTRACIÓN DE ADICIÓN DE GLICEROL 99.5% EN LOS HIDROCOLOIDES DE HOJAS DE SÁBILA Y SEMILLAS DE TARA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	PAG. 98
TABLA 3.5. CONCENTRACIÓN DE ADICIÓN DE ACEITE DE CANELA Y OLIVA EN LOS HIDROCOLOIDES DE HOJAS DE SÁBILA Y SEMILLAS DE TARA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	PAG. 99
TABLA 3.6. CONCENTRACIONES DE GLICEROL 99.5%, ACEITE DE CANELA Y TWEEN 80 PARA LA OBTENCIÓN DE LA PELÍCULA ÓPTIMA.....	PAG. 101
TABLA 3.7. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN EN FRESAS.....	PAG. 116
TABLA 3.8. VARIACIONES DIARIAS DE TASA DE RESPIRACIÓN EN FRESAS.....	PAG. 117
TABLA 3.9. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE PH Y °BRIX EN FRESAS.....	PAG. 119
TABLA 3.10. VARIACIONES DIARIAS DE PH Y °BRIX EN FRESAS.....	PAG. 121
TABLA 3.11. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE PORCENTAJE DE ACIDEZ EN FRESAS.....	PAG. 123
TABLA 3.12. VARIACIONES DIARIAS DE PORCENTAJE DE ACIDEZ EN FRESAS.....	PAG. 124
TABLA 3.13. RESULTADOS DE CÁLCULO DE ÍNDICE DE MADUREZ EN FRESAS.....	PAG. 125
TABLA 3.14. PERFIL DE VARIACIÓN DE ÍNDICE DE MADUREZ EN FRESAS.....	PAG. 126
TABLA 3.15. ESPESORES REGISTRADOS DE BIOPOLÍMEROS.....	PAG. 129
TABLA 3.16. MEDICIÓN DE FUERZA DE ELONGACIÓN (N) EN LOS BIOPOLÍMEROS.....	PAG. 133
TABLA 3.17. PROMEDIOS DE TASAS DE TRANSFERENCIA DE VAPOR DE AGUA (g/día) Y PERMEABILIDAD DE VAPOR (kPa.m2/día) REGISTRADAS.....	PAG. 135
TABLA 3.18. RESULTADOS DE PROMEDIO DE CONTEO DE COLONIAS FÚNGICAS EN FRESAS.....	PAG. 137

TABLA 3.19. VARIACIONES DIARIAS DE CONTEO DE COLONIAS FÚNGICAS EN FRESAS.....	PAG. 138
TABLA 3.20. RESULTADOS OBTENIDOS DE DENSIDAD Y VISCOSIDAD.....	PAG. 147
TABLA 3.21. PONDERACIÓN A CADA UNO DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA FRESA CON RECUBRIMIENTO PROTECTOR DE BIOPOLÍMERO DE TARA.....	PAG. 148
TABLA 3.22. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LA PERDIDA DE PESO EN FRESAS.....	PAG. 149
TABLA 3.23. VARIACIONES DIARIAS DE LA PÉRDIDA DE PESO EN FRESAS.....	PAG. 150
TABLA 3.24. ECUACIONES DE REGRESIÓN PARA PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA.....	PAG. 154
TABLA 3.25. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA PÉRDIDA DE PESO.....	PAG. 162
TABLA 3.26. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA VARIACIÓN DE pH.....	PAG. 164
TABLA 3.27. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA GRADOS BRIX.....	PAG. 165
TABLA 3.28. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ.....	PAG. 166
TABLA 3.29. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA CRECIMIENTO DE COLONIAS FÚNGICAS.....	PAG. 168
TABLA 3.30. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA ÍNDICE DE MADUREZ.....	PAG. 169
TABLA 3.31. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS USANDO PRUEBA DE T-STUDENT PARA TASA DE RESPIRACIÓN.....	PAG. 171



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. DIAGRAMA DE LOS PASOS USUALES DEL MANEJO POST-COSECHA.....	PAG. 4
FIGURA 1.2. ESTRUCTURA MOLECULAR DEL GLICEROL.....	PAG. 25
FIGURA 1.3. DEFECTOS DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN SUPERFICIES.....	PAG. 29
FIGURA 1.4. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN PROCESO DE RECUBRIMIENTO MEDIANTE LA TÉCNICA DE INMERSIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE CAPA MÚLTIPLE.....	PAG. 30
FIGURA 1.5. PROPIEDADES DE LA BIOPELÍCULA RELACIONADAS EN FUNCIÓN AL ESPESOR.....	PAG. 32
FIGURA 1.6. TRANSPORTE DE MOLÉCULAS DE GAS A TRAVÉS DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.....	PAG. 34
FIGURA 1.7. TARA (<i>Caesalpinia spinosa</i> K.), PLANTA Y SEMILLAS.....	PAG. 38
FIGURA 1.8. ESTRUCTURA DE LOS GALACTOMANANOS DE LA GOMA DE TARA.....	PAG. 41
FIGURA 1.9. SÁBILA (<i>Aloe barbadensis</i> Miller), PLANTA Y MUCÍLAGO.....	PAG. 44
FIGURA 1.10. CANELA (<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl), PLANTA Y CORTEZA.....	PAG. 47
FIGURA 1.11. ESTRUCTURA DEL ALDEHÍDO CINÁMICO.....	PAG. 48
FIGURA 1.12. FRESA (<i>Fragaria x ananassa</i> Duchesne), PLANTA Y FRUTO VARIEDAD CHANDLER.....	PAG. 50
FIGURA 1.13. FRESA INFECTADA POR <i>Botrytis Cinerea</i>	PAG. 58
FIGURA 1.14. FRESA INFECTADA POR <i>Rhizopus spp.</i> Y <i>Mucor spp.</i>	PAG. 59
FIGURA 2.1. EXTRACCIÓN MUCÍLAGO DE SÁBILA.....	PAG. 66
FIGURA 2.2. EXTRACCIÓN GOMA DE TARA I.....	PAG. 68
FIGURA 2.3. EXTRACCIÓN GOMA DE TARA II.....	PAG. 68
FIGURA 2.4. EXTRACCIÓN GOMA DE TARA III.....	PAG. 69
FIGURA 2.5. FLUJOGRAMA DE TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDES DE SÁBILA Y DE TARA.....	PAG. 70
FIGURA 2.6. PREPARACIÓN DE BIOPELÍCULA Y AGREGADO DE ADITIVOS.....	PAG. 73
FIGURA 2.7. FLUJOGRAMA DE EVALUACIÓN DE ADICIÓN DE ESPESANTES Y PLASTIFICANTES.....	PAG. 74
FIGURA 2.8. FRESAS EMPLEADAS EN EL PROCEDIMIENTO DE RECUBRIMIENTO.....	PAG. 76
FIGURA 2.9. MÉTODOS EMPLEADOS EN EL RECUBRIMIENTO DE LAS FRESAS.....	PAG. 77
FIGURA 2.10. FLUJOGRAMA DE TÉCNICAS DE RECUBRIMIENTO DE FRESAS.....	PAG. 78
FIGURA 2.11. ENSAMBLADO DE FRASCOS PARA LA PRUEBA DE TASA DE RESPIRACIÓN.....	PAG. 80
FIGURA 2.12. DINAMÓMETROS EMPLEADOS PARA LA PRUEBA DE ELONGACIÓN Y FUERZA DE TENSIÓN.....	PAG. 82
FIGURA 2.13. ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA.....	PAG. 83
FIGURA 2.14. DETERMINACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LA DENSIDAD Y VISCOSIDAD.....	PAG. 86
FIGURA 2.15. FLUJOGRAMA DE EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS HIDROCOLOIDES.....	PAG. 88
FIGURA 3.1. HIDROCOLOIDE DE SÁBILA EXTRAÍDO POR HOMOGENIZACIÓN Y DECANTACIÓN Y POR MOLIENDA COLOIDAL.....	PAG. 91

FIGURA 3.2. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DE TARA.....	PAG. 93
FIGURA 3.3. FRESAS ESCOGIDAS PARA LOS PROCESOS DE RECUBRIMIENTO.....	PAG. 102
FIGURA 3.4. RESULTADO DE MÉTODO DE SECADO GRUPAL.....	PAG. 105
FIGURA 3.5. RESULTADO DE SECADO DE MEZCLA TARA MÁS MIEL.....	PAG. 107
FIGURA 3.6. RESULTADO DE SECADO DE MEZCLA TARA MÁS AGAR.....	PAG. 107
FIGURA 3.7. RESULTADO DE SECADO DE MEZCLA TARA MÁS PHYTAGEL.....	PAG. 108
FIGURA 3.8. BIOPOLÍMERO DE TARA ÓPTIMO OBTENIDO EN BANDEJA.....	PAG. 110
FIGURA 3.9. FRESAS RECUBIERTAS MEDIANTE MÉTODO DE RETAZOS LARGOS Y POR TUBO DE RECUBRIMIENTO.....	PAG. 112
FIGURA 3.10. PERFIL DE MEDICIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN.....	PAG. 116
FIGURA 3.11. PERFIL DE VARIACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN.....	PAG. 117
FIGURA 3.12. PERFIL DE MEDICIÓN DE PH Y °BRIX.....	PAG. 120
FIGURA 3.13. PERFIL DE VARIACIÓN DE PH Y °BRIX.....	PAG. 122
FIGURA 3.14. PERFIL DE MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ.....	PAG. 123
FIGURA 3.15. PERFIL DE VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ.....	PAG. 124
FIGURA 3.16. PERFIL DE MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ.....	PAG. 126
FIGURA 3.17. PERFIL DE VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ.....	PAG. 127
FIGURA 3.18. MICROFOTOGRAFÍA DEL BIOPOLÍMERO T.....	PAG. 129
FIGURA 3.19. MICROFOTOGRAFÍA DEL BIOPOLÍMERO TG.....	PAG. 130
FIGURA 3.20. MICROFOTOGRAFÍA DEL BIOPOLÍMERO TA (CANELA).....	PAG. 130
FIGURA 3.21. MICROFOTOGRAFÍA DEL BIOPOLÍMERO TAG.....	PAG. 131
FIGURA 3.22. MICROFOTOGRAFÍA DEL BIOPOLÍMERO S.....	PAG. 131
FIGURA 3.23. PERFIL DE MEDICIÓN DE CONTEO DE COLONIAS FÚNGICAS.....	PAG. 138
FIGURA 3.24. PERFIL DE VARIACIÓN DE CONTEO DE COLONIAS FÚNGICAS.....	PAG. 139
FIGURA 3.25. RESULTADO DEL CULTIVO Y EXAMINACIÓN MACROSCÓPICA – MICROSCÓPICA DEL HONGO <i>RHIZOPUS SP.</i> PATÓGENO DE FRESA.....	PAG. 140
FIGURA 3.26. ENSAYO DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE BIOPOLÍMERO DE TARA EN CULTIVO EN PLACA PETRI.....	PAG. 141
FIGURA 3.27. ENSAYO DE CMI MEDIANTE DILUCIONES SERIADAS.....	PAG. 142
FIGURA 3.28. ENSAYO DE CMI ENTRE LAS DILUCIONES DE 1/100 A 1/900.....	PAG. 143
FIGURA 3.29. PLACAS DE LA EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS HIDROCOLOIDES.....	PAG. 144
FIGURA 3.30. RESULTADO DE PLACAS DE LA EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS HIDROCOLOIDES.....	PAG. 145
FIGURA 3.31. PERFIL DE MEDICIÓN DE PÉRDIDA DE PESO.....	PAG. 150
FIGURA 3.32. PERFIL DE VARIACIÓN DE PÉRDIDA DE PESO.....	PAG. 151
FIGURA 3.33. REGRESION DE DATOS PARA AJUSTE DE PERMEABILIDAD.....	PAG. 154
FIGURA 3.34. ANOVA PARA DATOS DE PÉRDIDA DE PESO.....	PAG. 156
FIGURA 3.35. ANOVA PARA DATOS DE VARIACIÓN DE pH.....	PAG. 157
FIGURA 3.36. ANOVA PARA DATOS DE GRADOS BRIX.....	PAG. 158
FIGURA 3.37. ANOVA PARA DATOS DE PORCENTAJE DE ACIDEZ.....	PAG. 159
FIGURA 3.38. ANOVA PARA DATOS DE CRECIMIENTO DE COLONIAS FÚNGICAS.....	PAG. 160
FIGURA 3.39. ANOVA PARA DATOS DE ÍNDICE DE MADUREZ.....	PAG. 161
FIGURA 3.40. ANOVA PARA DATOS DE TASA DE RESPIRACIÓN.....	PAG. 162

RESUMEN

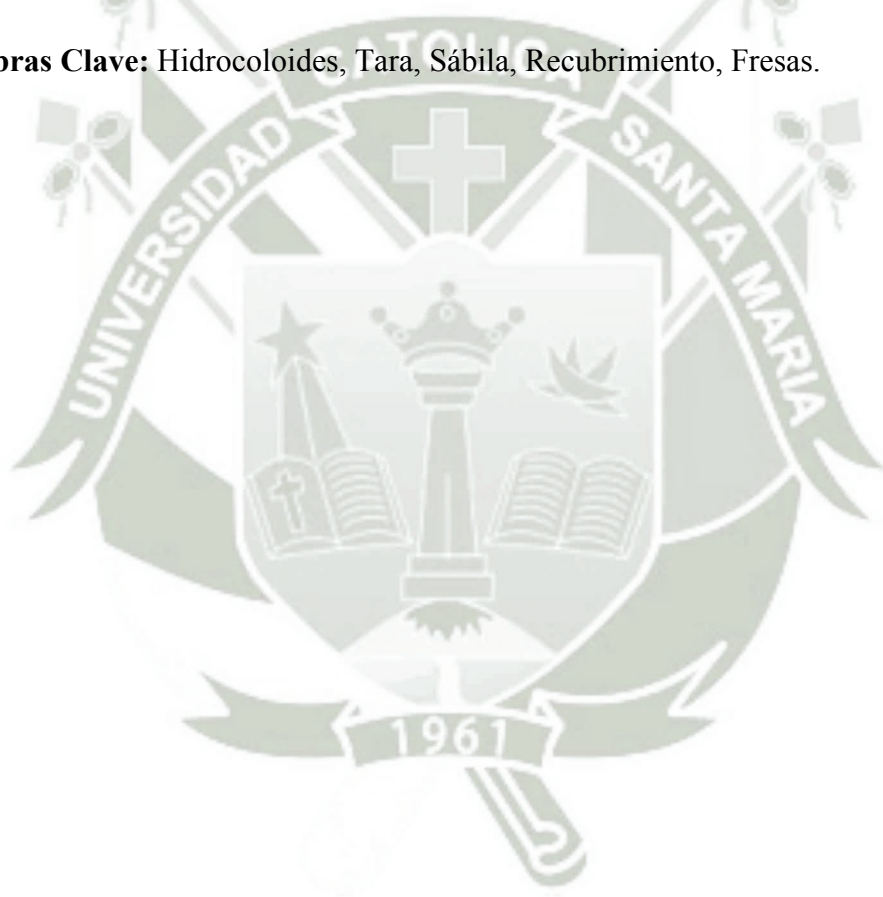
El trabajo consistió en evaluar la elaboración de películas a base de hidrocoloides de hojas de sábila (*Aloe barbadensis*) y semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*), con espesantes (agar, miel de abeja, phytigel y colapez), plastificantes y agentes antimicrobianos (glicerol, aceite de oliva) y agentes antimicrobianos (aceite de canela), como conservante en frutos de fresa; para ello se realizó diferentes métodos de extracción de sus hidrocoloides, para el caso de sábila fueron: filtrado al vacío, decantación y molienda coloidal; siendo el último el que obtuvo un mayor

rendimiento, mientras que para el de la tara se han empleado dos métodos: vía seca y vía húmeda, siendo el último el que obtuvo un mayor rendimiento, luego se evaluaron concentraciones de mucílagos de sábila y tara, de igual forma se evaluó las concentraciones de espesantes: agar, phytigel, miel y colapez; a continuación a los plastificantes: glicerol, aceite de oliva y aceite de canela; consecuentemente se desarrolló la formulación de película óptima. Para el caso de tara, las composiciones han sido 50% de hidrocoloide, 0.5% de glicerol y 0.25% de aceite de canela; por otra parte no se pudo desarrollar una película de sábila de calidad, aun así y solamente para este caso se evaluaron sus propiedades mecánicas. Para la formulación de película se usó el secado mediante

estufa, para el caso de tara a 60°C durante 48 horas, a partir de ello se evaluó diferentes técnicas de recubrimientos los cuales han sido: inmersión, vertido en

celdas, método rotativo y “casting” manual; siendo la última la que obtuvo mejores resultados, de esta forma se hizo múltiples ensayos de propiedades fisicoquímicas como: tasa de respiración, pH, °Brix, acidez titulable e índice de madurez; pruebas microbiológicas: prueba de infección fúngica y análisis preliminares; ensayos mecánicos: espesor, microestructura, fuerza de elongación y permeabilidad al vapor de agua; y otros ensayos como densidad, viscosidad, evaluaciones organolépticas y pérdida de peso. La mayoría de estas pruebas se realizaron durante un periodo de nueve días. A pesar de la variabilidad en los resultados, excepto las de pérdida de peso y las de conteo de colonias fúngicas, podemos indicar que el recubrimiento de hidrocoloide de tara es una prometedora alternativa para proteger frutos.

Palabras Clave: Hidrocoloides, Tara, Sábila, Recubrimiento, Fresas.



ABSTRACT

This research work consisted on the evaluation of films made in base to hydrocolloids made from Aloe B. leaves and Tara pods, with the addition of thickeners (agar, bee honey, phytigel and isinglass), plasticizers (glycerol, olive oil) and antimicrobial agents (cinnamon oil) as a preserver applied to strawberries; in order to get those different extraction methods were tried to get the hydrocolloids. In case of the Aloe the methods used were: vacuum Filtering, decantation and colloidal mill homogenization; being the last one the most productive one. At the same time the methods rehearsed were two: dry pathway and humid pathway, with this last one with the highest yield of both. Next, different concentrations of Aloe and Tara hydrocolloids were assayed; and with the same principle the thickeners agar, phytigel, bee honey and isinglass were tested, and then, the plasticizers glycerol, olive oil and cinnamon oil; the next step was the elaboration of the optimal film solution. In the case of Tara gum, the proportions were 50% hydrocolloid solution, 0.5% glycerol and 0.25% cinnamon oil. On the other hand, an optimum film made of aloe couldn't be prepared due to a series of limitations and problems happened, however, only the mechanical properties were evaluated for those Aloe polymers. To formulate the film stove heat drying for Tara at 60°C for 48 hours, once the film was dried many techniques were used to cover the fruit, the techniques were: group immersion, cell immersion, rotational drying and manual casting; this last technique used was the most successful. With the fruit adequately covered multiple physical-chemical properties were assayed like fruit respiration rate, pH, °Brix, Titratable Acidity and Maturity Index. Microbiological test were also conducted as fungal infection tests and fungal Inhibition preliminary analysis. Mechanical assays like Microscopic Thickness and Structure, Elongation Force and Water Vapor Permeability. And finally the other assays conducted were Density, Viscosity, Organoleptic Evaluation and Weight Loss. Most of those tests were executed in a period of nine days. Despite the high variability on the results, with the exception of weight loss and fungal colonies count, we can indicate the assurance of indications and findings for the hydrocolloid of Tara gum, as being the most effective film to protect fruits.

Keywords: Hydrocolloids, Tara, Aloe, Coating, Strawberries.

INTRODUCCIÓN

El estudio de biopolímeros para múltiples fines es un campo el cual puede ser mejorado por medios biotecnológicos, ya que la producción de recubrimientos biológicos es un campo no muy explorado por esta disciplina. En este trabajo de investigación se propone el uso de biopolímeros hechos como recubrimientos comestibles como una solución para el problema de la pronta maduración de varias frutas, sean o no estacionales, siendo la fruta escogida la fresa común, que es propensa a una rápida maduración y pudrición frente a otros frutos estacionales igual de perecibles. Dando mayor enfoque al uso de recubrimientos protectores como una forma de protección natural, hecha íntegramente de componentes biodegradables y naturales, tratando de evitar en su mayoría los agentes artificiales.

Para evitar la degradación de la fresa como fruto estacional, se ha pensado darle utilidad a dos plantas nativas y abundantes en la región las cuales tienen en su composición una matriz viscosa la cual tiene la capacidad de hacer geles, los cuales pueden emplearse como la matriz principal del recubrimiento, adicionalmente se le han de agregar sustancias espesantes y solidificantes completamente naturales, un plastificante en baja concentración y un aceite natural el cual le ha de conferir una protección contra agentes patógenos.

En la confección de este recubrimiento natural se tiene en cuenta estos puntos importantes que son aquellos que deben cumplir el recubrimiento como requisitos: debe ser completamente natural y en su confección usar materiales biodegradables; debe recubrir completamente la superficie del fruto a evaluar, en este caso la fresa común; y debe reducir el índice de maduración de la fresa cuando se le es aplicado a esta, también conferirle las demás características propias de cada componente del cual está elaborado el recubrimiento. Otro punto importante del trabajo de tesis es la descripción de cada uno de los pasos los cuales se han empleado, desde la extracción de la matriz estructural viscosa de sus plantas origen, su purificación y su acondicionamiento; Luego los procesos de mezcla con los demás ingredientes, tomando en cuenta las proporciones y medidas exactas que se han visto y analizado

en las pruebas de laboratorio, y los procesos que se han efectuado para la formación de la película. Vistos desde un punto de vista a escala de investigación y su posible formulación para llevarlos a un nivel industrial de producción con el fin de darle una función comercial a estos productos.

El trabajo se ha desarrollado en el siguiente orden: finalizada la etapa inicial de la documentación, se evaluaron diferentes métodos extractivos del mucílago de sábila y de tara, luego de hacer ensayos sucesivos, se ensayaron diferentes formas de recubrimiento en líquido (coating) y en sólido (casting) a la par que se estudiaba cuál era la biopelícula más adecuada para el recubrimiento, una vez obtenido el material para recubrir, se hicieron los recubrimientos con las fresas, finalmente se hicieron las pruebas y análisis para las diversas propiedades de las películas.

Muchos recubrimientos, son hechos en base a almidón y por lo cual tienen propiedades similares a los que se han de hacer en este trabajo, pero las gomas de carbohidratos complejos no tienen muchos estudios como el quitosano (Vargas et al., 2006), .Y se plantea emplear hidrocoloides de este tipo de estructuras. Con el mejoramiento de la manufactura de este producto se puede impulsar la domesticación, siembra y cosecha de estas plantas, las cuales crecen en un estado silvestre aquí en nuestra localidad (Mendoza, 2007), además de proveer un valor de inclusión social a las comunidades se impulsan métodos no agresivos con el medio ambiente al emplear materiales naturales.

En el ámbito regional no se han hallado trabajos relacionados al uso de tara o sábila como recubrimientos comestibles, de hecho en toda la región no se han hecho trabajos relativos a recubrimientos comestibles. Sin embargo, la Tara y la Sábila tienen trabajos científicos no relacionados a recubrimientos y en ellos se describen muchas de las propiedades de sus componentes naturales y una posible utilización de ellos; el trabajo de Mendoza et. Al. Realizado el año 2007, expone un detallado estudio sobre la tara, su localización, propiedades, componentes y oportunidades de explotación, este trabajo indica que la producción de tara en la región Arequipa es de 1200 hectáreas, La producción de semillas de tara suele ser de miles de TM en las regiones de Cajamarca, La Libertad y Lambayeque, pero en Arequipa, suele ser de 10

a 60 TM. Por otra parte, la mayor parte de producción de sábila en la región proviene de la costa, de Camaná más específicamente, llegando a 8 TM. Grupos y Asociaciones de Regadío son creadas con el fin de proporcionar a pobladores la oportunidad de cultivar dichas plantas, y generar un recurso que les provea de dinero, a cambio se generan hojas de sábila y semillas de tara como materia prima para uso industrial o de exportación. Lo cual también estimula de inversión en el cultivo de estas plantas y por ende la mejora de la técnica de cultivo y a la vez, progreso para las comunidades aledañas.



HIPÓTESIS

Dado que en la literatura existen diferentes reportes y estudios de múltiples mucílago extraídos de fuentes naturales como sábila y tara, es posible extraer dichas sustancias y mezclarlas con diferentes plastificantes, espesantes y agentes antifúngicos a concentraciones variables con el fin de que sean usados como excelentes recubrimientos protectores o películas protectoras, si son aplicados en frutos perecibles como en este caso la fresa.



OBJETIVO GENERAL

Evaluar la elaboración de películas en base a mucílagos de hojas de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y semillas de tara (*Caesalpinia spinosa* Kuntze), con espesantes (agar, miel de abeja, phytigel y colapez), plastificantes (glicerol, aceite de oliva) y agentes antimicrobianos (aceite de canela), como protector en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las técnicas y métodos de extracción de hidrocoloides de hojas de sábila y semillas de tara.
2. Evaluar las concentraciones de hidrocoloides y plastificantes en las películas.
3. Elaborar la formulación de película óptima.
4. Determinar el mejor método de recubrimiento aplicado en frutos de fresa.
5. Evaluar las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, microbiológicas y otros ensayos de las películas obtenidas.
6. Determinar la factibilidad y utilidad de las películas en la conservación de fresa.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. TECNOLOGÍAS POST COSECHA, ENFOQUE BIOTECNOLÓGICO

Los alimentos de origen vegetal, provenientes del suelo o de los árboles, sean frutos o raíces, están sujetos a pasar por constantes cambios ya sea en su manipulación, extracción o acondicionamiento por el cual pasa desde su fuente natural hasta su destino final al consumidor. Muchos de estos cambios presentan un problema el cual puede dañar la calidad o la integridad del producto, el cual hace que pierda su valor como tal y reduzca su precio de venta final, lo cual significa una pérdida para los agricultores, los responsables del transporte y los mismos vendedores.

Los cultivos también pierden valor a causa de los derrames, los daños provocados por el uso de herramientas inadecuadas, la contaminación química o un exceso de rudeza en la manipulación, incluyendo acumulación de calor, durante la recolección o las operaciones de carga, empaquetado y transporte.

Las tecnologías post-cosecha tienen por finalidad evitar estas pérdidas por múltiples factores los cuales se pueden dar, en las hortalizas o alimentos de origen vegetal. Muchas de estas tecnologías tradicionales se les pueden dar un enfoque el cual involucre biología y tecnología, por los cuales se puede lograr la optimización de los métodos de preservación post-cosecha.

1.1.1. BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA Y AGROINDUSTRIAL

“El objetivo fundamental de la biotecnología de alimentos es la investigación acerca de los procesos de elaboración de productos alimenticios mediante la utilización de organismos vivos o procesos biológicos o enzimáticos, así como la obtención de alimentos genéticamente modificados mediante técnicas biotecnológicas” (Lucas-Carrillo, 2009).

La biotecnología la cual está orientada a alimentos, incide en modificaciones genéticas para hacerlas más resistentes frente a plagas y efectos del mismo entorno, modificaciones en su cadena genética pueden hacer que los alimentos produzcan algún compuesto el cual le brinda protección o defensa frente algún microorganismo patógeno, de la misma manera por modificación genética se puede hacer que la cáscara externa de alguna planta sea más rica en polisacáridos los cuales la hagan más gruesa, y así tener mayor resistencia a la tracción mecánica.

Por otra parte, la biotecnología agroindustrial es la encargada de mejorar las cosechas y los cultivos, de tal modo que sean posibles no importando las circunstancias; principalmente la biotecnología orientada a la agroindustria, maneja el uso de los suelos y el agua, la resistencia frente a plagas y el estudio de las sinergias entre bacterias y plantas.

Muchas de las mismas actividades involucradas en la biotecnología de alimentos son también de igual manera empleadas en la biotecnología agroindustria, la fermentación para producir alimentos y la descomposición de compuestos más complejos en otros más simples, se dan también en la agroindustria, la producción de gas de metano, biól y compost a partir de la metabolización de excremento de animales de granja como por ejemplo el Cuy Silvestre (*Cavia porcellus*)., este es un ejemplo de como la biotecnología puede tener aplicaciones para ambos campos (Jaén et al., 2009).

1.1.2. TIPOS DE TECNOLOGÍAS POST-COSECHA

El manejo de la post cosecha en la agricultura tradicional es un proceso por el cual se previene el menor daño y se asegura la mayor cantidad de producto vegetal viable para su venta final, este pasa por varias etapas las cuales se hallan entre la cosecha misma y la distribución final al mercado. Es importante afirmar que de todos modos un fruto extraído de su planta madre siempre va a empezar a sufrir un proceso de degradación, y la finalidad del tratamiento post-cosecha es reducir al mínimo este nivel de degradación, ya que de todos modos siempre va a ocurrir y que este debe ser el menor posible al momento de llegar a la venta final.

Los pasos del manejo-post cosecha son:

- La limpieza y desinfección
- El manejo
- El almacenamiento

Según los expertos en el manejo post-cosecha se tienen varios pasos, detallados en la figura 1.1.; siendo de los tres, el más importante el almacenamiento, el cual se puede dar en frío o a temperatura ambiente, expuestos al sol o guardados a la sombra, todo dependiendo del material que se vaya a transportar, el almacenamiento en contenedores es usado para su transporte donde se tienen que tener las mismas condiciones que su fuente donde estaba originalmente guardado. Es común en estos casos las cámaras frigoríficas para ciertos vegetales. Ciertamente, los productos también pasan por un proceso de sanitación en el cual se desinfectan y se limpian de la tierra donde fueron extraídos, a fin de reducir la carga patógena. Otro proceso el cual es más tecnificado es el empaquetamiento el cual es “embolsar” o plastificar los frutos con el fin de evitar su exposición al ambiente, muchos de estos polímeros son variedades múltiples de plástico (Kader, 2002).

El uso de recubrimientos, que no sean plásticos, también ha sido estudiados con anterioridad, muchos de ellos son polímeros los cuales contienen materiales biodegradables como pectina u otros polisacáridos, muchos de ellos son usados en conjunción para lograr una biopelícula ideal (McHugh et al., 2000) e incluso algunos de ellos son comestibles.

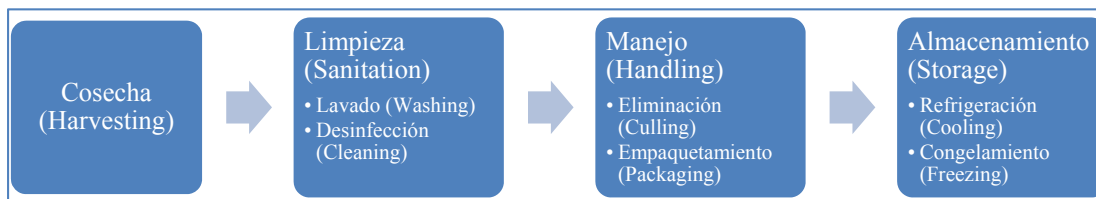


FIGURA 1.1. Diagrama de los pasos usuales del manejo post-cosecha (Kader, 2002).

1.1.3. USO DE BIOTECNOLOGÍA EN TÉCNICAS POST-COSECHA

Muchas tecnologías post-cosecha son fruto de observación empírica desde el inicio de la agricultura, al igual que otras se han ido desarrollando con el paso del tiempo y mediante la observación de ensayar diversos materiales con el fin de preservar los alimentos aplicando recubrimientos en estos, o usando aditivos biodegradables con el fin de ahuyentar plagas o conferirle alguna propiedad al fruto.

La biotecnología es otra herramienta para la mejora de las especies agrícolas. Esta persigue los mismos objetivos de todo proceso productivo: obtener productos de alta calidad; proteger la salud del manipulador, elaborador y consumidor; aplicar procesos productivos “amigables” con el medio ambiente; minimizar el uso de plaguicidas; adaptarse al sector agrícola y comercial para garantizar su viabilidad económica.

En estos tiempos es posible resolver, mediante el uso de la biotecnología, algunos de los problemas relacionados con atributos de calidad y las causas biológicas que ocasionan el deterioro del producto cosechado. Esto ha incluido selección de genotipos con buena calidad sensorial cuando son cosechados en la madurez óptima, uso de sistemas de manejo integrado que maximizan los rendimientos sin sacrificar la calidad, y el uso de procedimientos de manejo post-cosecha para mantener la calidad y reducir al mínimo el riesgo microbiano en los frutos. Con la investigación interdisciplinaria, se han generado importantes cambios tecnológicos en los sistemas de producción pre cosecha y manejo post-cosecha en cultivos frutícolas. (Kader, 2002)

Entre los factores que pueden ayudar a mejorar las características post-cosecha se hallan: la apariencia; debido a que en un fruto el color está ligado a la producción de pigmentos y se puede por medios biotecnológicos mejorar su color por medio de sus colorantes que contenga, además de tener un impacto adicional en su textura y aroma; La firmeza, porque la misma pared celular de los vegetales tiende a hacerse más frágil con el tiempo por la biosíntesis de etileno; Su sabor, el cual incluye su dulzura, su acidez y su astringencia (compuestos fenólicos) y su aroma; Su calidad nutricional, por modificaciones genéticas se pueden lograr añadir complementos nutricionales como vitaminas o hacer que un fruto tenga mayor producción de proteínas, por ejemplo; Su Tasa de respiración y producción de etileno, para hacer que el fruto o vegetal tenga mayor vida post-cosecha; y finalmente su susceptibilidad frente a desordenes fisiológicos (perdida de sales o desbalance químico en la planta) y patógenos (hongos, protozoos y bacterias invasores), (Jaén et al., 2009; Kader, 2002).

Otras modificaciones no genéticas que son empleadas en métodos post cosecha son el uso de agentes microbiológicos que antagonicen a los microorganismos patógenos, o el uso de ceras e hidrocoloides con el fin de proteger alimentos por inmersión, inclusive la creación de biopelículas para asegurar la calidad de los alimentos (Guilbert et al., 1996).

1.1.4. RECUBRIMIENTOS NATURALES

Muchos recubrimientos naturales se tratan de sustancias extraídas de plantas o de subproductos de estas las cuales, aplicadas a un alimento pueden tener la función de conferirle una protección a este, su atención últimamente ha ganado más notoriedad como método para proteger los alimentos, ya sean de origen vegetal o animal, ya que un producto biodegradable no es agresivo con la naturaleza y además le protege de los factores lesivos que pueda causarle el entorno, entre ellos las condiciones ambientales, patógenos y el mal manejo.

Muchos de estos nuevos recubrimientos, son biopolímeros, hechos con materia prima natural, biodegradables, no generan impacto ambiental, algunos de ellos son comestibles mientras que otros no. Estos pueden servir como una segunda piel o una cobertura extra la cual este protegiendo al producto durante su camino una vez fuera de su origen, y que luego puede ser retirado o ser parte también del producto final.

Un recubrimiento comestible es una película, en su mayoría de veces de confección biológica, la cual le confiere un nivel de protección a un alimento, permitiendo el intercambio de gases, y como barrera protectora frente a factores ambientales (Guilbert, 1986; Krochta, 1994).

Muchos recubrimientos naturales incluyen ceras y parafinas, e incluso resinas vegetales las cuales no se pueden emplear como recubrimientos para consumo. Mientras que otros si tienen la propiedad de ser comestibles y entre ellos se hallan muchos compuestos los cuales son de naturaleza hidrofílica por lo general entre los cuales están los polisacáridos complejos y recubrimientos basados en proteínas, luego estos actúan también en sinergia con el uso de agentes plastificantes u aditivos con propiedades antimicrobianas o antifúngicas (Skurtys, 2009).

1.2. HIDROCOLOIDES COMO RECUBRIMIENTOS EN ALIMENTOS

Antes de ahondar en los detalles del trabajo de investigación es necesario aclarar los conceptos de goma y mucílago con mayor detenimiento, ya que este trabajo utilizará principalmente el término hidrocoloíde para ambas materias primas con las que se han de utilizar como matriz estructural, sábila y tara, y que será explicado posteriormente en este mismo capítulo. Se define como mucílago a una sustancia vegetal viscosa con un porcentaje de agua grande por lo general, el mucílago de sábila el cual empleamos no requiere de mayor tratamiento que su extracción y molienda, sin uso de reagentes adicionales; el coloide empleado es

esencialmente idéntico al mucílago que se halla en la planta. Basándose en la definición, ambos componentes de la sábila y la tara empleados para elaborar los hidrocoloides son el mucílago de dichas plantas, pero el coloide de tara varía en lo siguiente, es convertido y tratado como una goma. (Avachat et al., 2010)

Una goma es una sustancia vegetal u artificial de alta viscosidad y densidad, y coagulable al alcohol por lo general, en este caso el mucílago de tara empleado proviene del endospermo de la semilla de tara, y requiere un tratamiento el cual incluye etanol en su producción y purificación. Además, citando otros trabajos los cuales han hecho este mismo procedimiento para obtener la goma resultante, es por eso que la segunda materia empleada es una goma de tara. Cabe indicar que su alto contenido de agua en ambos los convierte por definición en hidrocoloides. Término el cual será definido a continuación. (Avachat et al., 2010)

“En física y química un coloide, sistema coloidal, suspensión coloidal o dispersión coloidal es un sistema formado por dos o más fases, principalmente una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas. La fase dispersa es la que se halla en menor proporción. Normalmente la fase continua es un líquido, pero pueden encontrarse coloides cuyos componentes se encuentran en otros estados de agregación, como soles, geles y emulsiones.” (Domenech & Peral, 2006)

El nombre de coloide proviene de la raíz griega *kolas* que significa “que puede pegarse”. Este nombre que hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos. Los coloides se diferencian de las suspensiones químicas, principalmente en el tamaño de las partículas de la fase dispersa. Las partículas en los coloides no son visibles directamente, son visibles a nivel microscópico (entre 1 nm y 1 μ m), y en las suspensiones sí son visibles a nivel macroscópico (mayores a 1 μ m). Además, al reposar, las fases de una suspensión se separan, mientras que las de un coloide no lo hacen (Dickinson, 2009).

1.2.1. TEORIA DE LOS HIDROCOLOIDES

Se define un hidrocoloíde como un polímero el cual consta de una componente cuya principal característica es su hidrofiliidad, disuelto en una fase acuosa y esta en menor porcentaje, su origen puede ser natural ya sea extraído de materia prima vegetal o animal, hecho por síntesis microbiana, o sintético. Tiene la capacidad de formar geles con agua, puede contener polielectrolitos y en su composición tiene varios grupos hidroxilo. Ejemplos de hidrocoloides son los alginatos, los carragenanos, la celulosa y sus derivados, la pectina y las diferentes gomas. (Skurtys et al. 2009, Dickinson, 2009). Una segunda capacidad la cual poseen los hidrocoloides es la capacidad de cambiar su reología, pudiendo hacerse más viscosos o menos viscosos depende del porcentaje de agua que puedan tener.

Abarcando geles y emulsiones, muchos hidrocoloides que tienen esta capacidad de captar agua naturalmente trabajan en conjunción con agentes los cuales le brindan ciertas propiedades, gracias al hecho de ser hidrofílicos pueden ser aditivados con diferentes agentes los cuales les pueden dar propiedades adicionales, entre ellos es muy común el uso de plastificantes como el glicerol, y compuestos los cuales le den propiedades antibacterianas; entre otros compuestos es posible también darles agentes clarificantes y endurecedores, todo de acuerdo a como se desee la contextura y funciones del recubrimiento que se va a utilizar (Atress et al, 2010; Dickinson, 2009).

1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCOLOIDES

De la gran variedad de hidrocoloides que se hallan en la naturaleza se sabe que la gran mayoría son de origen vegetal o animal, siendo comunes entre estos grupos, los polisacáridos y los derivados de proteínas respectivamente.

1.2.2.1. EN BASE A POLISACÁRIDOS

La gran mayoría de los hidrocoloides hechos en base a polisacáridos son provenientes de fuentes mayormente vegetales, y algunos son derivados sintéticos de

estos, pueden absorber una cantidad considerable de agua generalmente, entre ellos están:

- **GOMAS:** Se definen como una variedad de polisacáridos resinosos de origen vegetal o microbiano que son capaces de formar soluciones acuosas de alta viscosidad en bajas concentraciones, son empleados en solución como agentes gelificantes, endurecedores, emulsificantes, estabilizantes y anticristalizantes, encapsulantes, antiespumantes y floculantes. Este grupo en particular excluye a las gomas de origen marino (algas). Los grupos los cuales engloban las gomas vegetales son tres: gomas Exudadas como la goma Arábica (E414), o la goma de mezquite; gomas Extractivas del endospermo de leguminosas y mucílagos vegetales como la goma Guar (E412) o la goma de Tara; y las gomas de fermentación bacteriana como la goma Xantana (E415) (Skurtys et al., 2009). Muchas gomas tienen múltiples usos ya que reacondicionadas con diferentes aditivos pueden tener varias aplicaciones, en el campo de los recubrimientos protectores han sido capaces de funcionar bien mezcladas con aceites esenciales para limitar su permeabilidad de vapor de agua (Díaz-Sobac et al., 2002), y en muchas ocasiones son mezcladas varias clases de gomas entre sí para lograr consistencias y texturas ideales (Mei et al., 2002).
- **ALGINATOS:** Los alginatos, provenientes del ácido algínico, son compuestos químicos de estructura coloidal no digeribles, obtenido en forma natural de las paredes de las algas del género *Phaeophyceae*, principalmente *Laminaria*. Los alginatos tienen un gran potencial como creador de biopelículas o recubrimientos comestibles gracias a sus propiedades coloidales únicas como su capacidad de endurecimiento, estabilidad y suspensión; además de ser capaz de formar geles (Skurtys et al., 2009). Una propiedad muy útil de los alginatos en su capacidad para formar geles en presencia de calcio, recubrimientos comestibles preparados en base de alginatos son rígidos y fuertes pero de baja capacidad de resistencia al agua (Kester, 1986). Películas protectoras de alginatos han sido ensayadas por Tapia et al. Y se ha visto que son muy apropiadas para la carga de aditivos como probióticos, otro trabajo

de compuestos antibacteriales como aceites esenciales de orégano (Rojas-Graü et al., 2007).

- **CARRAGENANOS:** Los carragenanos son polímeros hidrosolubles que poseen una cadena linear de galactomananos sulfatados de enlaces alternos $\alpha(1\rightarrow3)$ y $\beta(1\rightarrow4)$, estos polisacáridos son usualmente extraídos de algas rojas (*Rhodophyceae*) y diferentes algas producen diferentes tipos de carragenanos. Los carragenanos son clasificados en tres grandes tipos debido al número y a la posición de sus grupos éster-sulfato, estos grupos son importantes ya que le dan la mayor funcionalidad al carragenano en sí; los grupos son κ (kappa), ι (iota) y λ (gamma) (Skurtys et al., 2009). El tipo Kappa genera geles duros y sólidos en presencia de iones potasio y suele interactuar con proteínas, se obtiene usualmente del alga *Kappaphy cusalvarezii*; Muchos recubrimientos y coberturas de carragenano ya ha sido empleado en la industria alimentaria en carnes de vacunos, pollo y pescado frescos y congelados para prevenir la deshidratación superficial (Shaw et al. 2002).
- **AGAR:** El agar usado en microbiología tiene un uso también como material para recubrimientos y además como protector de alimentos, es un coloide hidrofílico el cual es una mezcla de agarosa y agarpectina, desde tiempos antiguos es extraída haciendo hervir extractos de algas rojas creando un gel el cual se funde al calor y regenera al enfriarse, por ello es material ampliamente usado en microbiología, y en ciertas partes del mundo es empleado con fines culinarios al ser un remplazo de las gelatinas y por su consistencia como gelificante. Es sabido que el agar es biodegradable y tiene un alto poder gelificante, sin embargo, para coberturas comestibles no se ha empleado mucho por su rápido desgaste, por la fotodegradación y las fluctuaciones en la temperatura ambiente, forman microfracturas y debilitamiento del polímero (Freile-Pelegrín et al., 2007).
- **DERIVADOS DE CELULOSA:** La celulosa es un polisacárido abundante en el mundo vegetal ya que compone la pared celular de estas, también de muchas algas y oomycetos, es una cadena linear de cientos a miles de unidades de beta $(1\rightarrow4)$ D-glucosa. La celulosa tiene vastas aplicaciones

aparte de la confección del papel comercial y sus derivados, se puede fabricar a partir de ella celofán y textiles como el rayón y lino, en procesos de laboratorio la celulosa es fase estacionaria para cromatografía en capa fina, y fibras de celulosa son usadas en filtración líquida. Al ser aplicadas a alimentos como recubrimientos solo cuatro formas son utilizables: Hidroxipropil Celulosa (E463), Hidroxipropil Metilcelulosa (E464), Carboximetilcelulosa (E466) y Metilcelulosa (E461). Estas biopelículas en soluciones acuosas tienen una resistencia moderada, son resistentes a aceites y grasas, y son insípidas, incoloras, insípidas, flexibles, transparentes, hidrosolubles y presentan bajas barreras frente al oxígeno; siendo la Metilcelulosa la más resistente al agua y la menos hidrofílica (Kester, 1986).

- **PECTINA:** La pectina es un heteropolisacárido estructural encontrado en las paredes celulares de algunas plantas y de sus frutos. La pectina es usualmente obtenida de la cáscara de cítricos y mediante liofilización es distribuida como un polvo blanquecino, sus principales aplicaciones son como agente gelificante en alimentos, también se puede usar en medicinas, golosinas; y además como estabilizante en jugos, además de servir como fibra dietética. Esencialmente la pectina está principalmente formada de subunidades de $\beta(1\rightarrow4)$ ácido D-galacturónico. Se ha visto que la pectina forma excelentes biopelículas adicionadas con quitosano, ya que la por la naturaleza catiónica del quitosano, este toma ventaja de las interacciones electrostáticas de electrolitos aniónicos como la pectina en sí misma (Keppler et al., 2006).
- **QUITOSANO:** Siendo el único hidrocoloide estructural animal, ya que es extraído de los caparazones de crustáceos, su componente estructural es la $(\beta(1\rightarrow4)\text{-}2\text{-amino-}2\text{-deoxi-D-glucopyranose})$ y es el segundo polímero natural no tóxico más abundante después de la celulosa. Entre sus muchas aplicaciones se hallan las de regulador agrícola y biopesticida, tiene marcada acción contra los hongos, en la industria vitivinícola es un aclarante, y en medicina es un antihemorrágico, bactericida y además como un vehículo medicinal, debido a estas propiedades antifúngicas y antibacteriales otorgadas por su estructura policatiónica (Rabea et al., 2003). Sin embargo el quitosano

tiene una mala solubilidad en soluciones de pH neutro y con un grado de desacetilación del 80 a 85% a más para que sea soluble (Park et al., 2004). Los productos hechos en base a quitosano son por lo general viscosos y tienen un parecido con las gomas de origen vegetal y bacteriano, los cuales de igual manera producen biopelículas transparentes para mejorar la calidad y la vida de anaquel de productos alimenticios. El quitosano en películas es cohesivo, compacto y su contorno es liso sin poros ni rajaduras.

- **ALMIDÓN:** En el reino vegetal, el almidón es el carbohidrato más abundante que cumple una función de reserva, mayormente halladas en alimentos básicos como la papa (*Solanum tuberosum*), el arroz (*Oryza sativa*) o el maíz (*Zea mays*); está compuesto es un gran número de unidades de glucosa unidas por enlaces glicosídicos. El almidón puro se presenta como un polvo blanco, inodoro e incoloro insoluble en agua fría o en alcohol, consiste en dos tipos de moléculas: la amilosa, lineal o helicoidal, y la amilopectina ramificada. Además de ser el carbohidrato más común en la dieta humana y participar en la preparación de los alimentos más básicos de esta como el pan, el cereal y las pastas, el almidón se puede hidrolizar en carbohidratos más sencillos como la maltodextrina, la cual es empleada como espesante; la dextrosa, usada en alimentación y salud; varios siropes altos en fructosa, empleados para potenciar el sabor en alimentos; y varios poli-alcoholes de azúcar como manitol, eritrol, sorbitol, etc. Las biopelículas de almidón tienen un potencial para poder remplazar polímeros plásticos ya que generan recubrimientos translúcidos, insípidos e incoloros (Myllärinen et al., 2002). Sin embargo, su aplicación está limitada por su pobre resistencia mecánica y su barrera contra compuestos de baja polaridad (Kester et al., 1986).

1.2.2.2. EN BASE A PROTEÍNAS

A diferencia de los hidrocoloides polisacáridos que son de origen vegetal, varios hidrocoloides proteínicos son subproductos de animales, salvo ciertas excepciones, estos hidrocoloides tienen cierta ventaja versus los polisacáridos, como una mejor barrera contra oxígeno y CO₂ y mejores propiedades mecánicas, pero al

igual que los anteriores tienen baja barrera contra el vapor de agua. Este material tiende a sufrir cambios importantes en su estructura y propiedades con la adición de plastificantes. Y dependiendo de sus proteínas que las compongan pueden ser solubles e insolubles en agua. (Skurtys et al., 2009). Los más empleados son:

- **GELATINA:** La gelatina es un polímero animal formado por varias subunidades peptídicas originadas por la desnaturalización del colágeno; presente en la piel animal, los huesos y la piel de pescados, este sólido insípido, traslucido e incoloro ha sido empleado desde hace tiempo atrás en medicina e industrias farmacéuticas y alimentarias como agente gelificante, y recientemente ha abarcado otras industrias: papelería, fotografía, cosmética, iluminación e incluso balística. La gelatina consiste en 98 a 99% de proteínas en su peso seco, pero aun así tiene un bajo valor nutricional frente a otras fuentes proteínicas; la gelatina tiene una cantidad muy alta de aminoácidos no esenciales como glicina y prolina pero a su vez no posee ciertos aminoácidos esenciales, carece absolutamente de triptófano y tiene muy bajo contenido de isoleucina, treonina y metionina. Las gelatinas extraídas de fuentes mamíferas tienen mejores propiedades físicas y termoestabilidad que las gelatinas de fuentes pesqueras, esto es debido a su mayor contenido aminoacídico (Wang et al., 2005). El uso de gelatina de mamíferos en la elaboración de recubrimientos fue bastante estudiado en los años 60', lo cual resultó en varias patentes, principalmente en farmacéutica, por consiguiente, las características de estos materiales no están muy disponibles en la literatura.
- **PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE:** Este subproducto de la manufactura del queso o de la caseína es rico en fuentes proteínicas, es un líquido aprovechado de cortar la leche con enzimas y exprimirla. Hay dos tipos de suero de leche, el suero "dulce" efectuado en la fabricación de queso cheddar o Suizo, y el suero "agrio" obtenido al elaborar queso cottage; además de ser empleado como ingrediente en suplementos nutricionales. En Latinoamérica el suero de leche es un subproducto de la industria láctea el cual no tiene valor agregado a pesar de que se produce en grandes cantidades, convirtiéndose en la principal fuente de contaminación de esta industria. Además son pocas las

investigaciones desarrolladas sobre la elaboración de recubrimientos comestibles a base de proteína de suero de leche. (Albizú, 2011). El suero de leche es una fuente significativa de proteínas funcionales β -Lactoglobulina(β -Lg) y α -Lactoalbúmina (α -La) principalmente. Biopelículas creadas en base a este suero son transparentes, flexibles, incoloras e insípidas y de baja humedad, más aún tienen una buena barrera frente a los olores y baja permeabilidad frente al oxígeno. Estas películas son muy quebradizas sin la adición de algún buen plastificante, pero su permeabilidad frente al vapor de agua se incrementa también con la adición de este. Y la elevada concentración de plastificante en recubrimientos protectores y comestibles hacen que estos pierdan fuerza tensora, pero a su vez ganen mayor elongación (Shaw et al., 2002).

De igual manera muchos aislados de proteínas vegetales han sido empleados en la confección de recubrimientos protectores, Osborne en 1981 desarrollo una cobertura comestible en base a proteína de zeína (maíz), surcando el problema del bajo rendimiento de la proteína. Otros materiales vegetales ensayados fueron la proteína de soya en conjunción con almidón de yuca, en el trabajo de Saavedra en el 2010, se usó una solución de hidróxido de sodio para desnaturalizar la proteína y de esa manera hacer una mezcla en proporción de 1 a 1; otros materiales ensayados son también la caseína, proteína de trigo, proteína de cascarilla de arroz, y en general toda fuente de proteínas tiene el potencial de aislarse y ser tratada para la confección de otras biopelículas de naturaleza proteínica. La tabla 1.1. Es un listado de los principales hidrocoloides usados en la fabricación de biopelículas.

TABLA 1.1. Listado de hidrocoloides ampliamente empleados en la industria y con potencial para recubrimientos protectores (Fuente: Skurtys et al., 2009).

HIDROCOLOIDES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE BIOPELICULAS			
TIPO DE MATERIAL	MATERIAL DE PELICULA		FUNCIÓN PRINCIPAL
POLISACÁRIDOS	Alginatos (E400-404)		Gelificante
	Carragenanos (E407)		Gelificante
	Agar (E406)		Gelificante
	Derivados de Celulosa	Hidroxipropil Celulosa (E463)	Espesante
		Hidroxipropil Metilcelulosa (E464)	Espesante y Emulsificador
		Carboximetilcelulosa (E466)	Espesante
		Metilcelulosa (E461)	Espesante, emulsificador y gelificante
	Gomas	Goma Arábica (E414)	Emulsificador
		Goma Guar (E412)	Espesante
		Goma Xantana (E415)	Espesante
	Pectina		Gelificante
	Quitosano		Gelificante y antimicrobiano
Almidón		Espesante y gelificante	
PROTEÍNICOS	Gelatina	Gelatina Bovina	Gelificante
		Gelatina de Pescado	Gelificante
		Gelatina Porcina	Gelificante
	Proteína de Suero de Leche		

1.2.3. TECNOLOGÍA DE RECUBRIMIENTOS EN ALIMENTOS

Hemos visto como los hidrocoloides tienen la capacidad de formar biopelículas con diferentes propiedades, estos hidrocoloides si son acondicionados con distintos aditivos se pueden reacondicionar en coberturas las cuales pueden ser consumidas como parte del producto además de servir como una barrera de protección. Pero además de los hidrocoloides otras sustancias pueden servir como barreras para protección de alimentos. Otras sustancias las cuales no encajan en la categoría de hidrocoloides, son los lípidos, sustancias oleosas las cuales también se pueden acondicionar como recubrimientos. Y resinas de múltiple composición química. El uso de varios materiales naturales biodegradables y su sinergia con los

aditivos espesantes, plastificantes y antibacterianos es lo que se detalla en el uso de recubrimientos en alimentos.

1.2.3.1.USO Y ANTECEDENTES DE LOS RECUBRIMIENTOS

La necesidad de proteger los alimentos que son perecibles viene desde tiempos antiguos, antes del descubrimiento de los preservantes químicos, era una práctica común añadirle sal a las carnes, o mantenerlas en hielo. De igual modo los recubrimientos protectores se han empleado desde hace tiempos antiguos con el fin de alargar la vida de anaquel de los alimentos. En China, en los siglos XII y XIII los cítricos eran recubiertos con ceras naturales; de igual manera, anteriormente, se solía emplear como material para recubrir alimentos y preservarlos del daño externo la parafina, en el siglo XVI, ya que la parafina especialmente acondicionada puede usarse como insumo en la industria alimentaria. Durante ese mismo siglo se practicaba en Inglaterra la técnica del “enmantecado”, el recubrimiento con grasa de productos alimentarios para prevenir también la pérdida de humedad de éstos. Para el siglo XIX se emplearon las primeras películas en base a gelatina para la preservación de carnes y otros alimentos, alrededor de los 30’s ya se encontraban comercialmente disponibles ceras parafínicas que se derretían con calor para el recubrimiento de cítricos; y en las últimas décadas se han hecho varios avances empleando recursos vegetales y naturales (Yu-Hernandez, 2004). Los primeros estudios oficiales en el campo de los recubrimientos protectores se inició hace 50 años con el fin de extender el tiempo de vida de anaquel, y mejorar la calidad de los alimentos congelados y procesados manteniendo su frescura (Kester, 1986). Durante la década de los 50’s y los 80’s se han realizado bastantes trabajos orientado al uso de películas y recubrimientos para extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados, muchos de estos trabajos han sido publicados en revistas científicas y han sido elevados a la categoría de patentes (Bósquez, 2003).

Los recubrimientos protectores están definidos como un biopolímero el cual está dispuesto en capas únicas o múltiples de poco grosor; que presenta una barrera frente a la transferencia de agua, gases y otros componentes; destinada a mejorar o preservar la calidad del alimento y que puede ser consumido por seres vivos.

“Kester y Fennema (1986) mencionan que las películas comestibles no están diseñadas con la finalidad de remplazar los materiales de empaques sintéticos ni a las películas no comestibles dicen que la importancia de las películas protectoras recae en la capacidad de actuar como un conjunto para mejorar la calidad del alimento en general, extender el tiempo de vida de anaquel y mejorar la eficiencia económica de los materiales para empaquetamiento.” (Yu-Hernandez, 2004).

Para la industria alimentaria, una película comestible debe cumplir una serie de requisitos muy importantes los cuales están detallados en la tabla 1.2 listada a continuación:

TABLA 1.2. Funciones de las películas protectoras (Fuente: Kester y Fennema, 1986).

FUNCIONES DE LAS PELÍCULAS PROTECTORAS
Reducir la pérdida de humedad
Reducir el transporte de gases (CO ₂ y O ₂)
Reducir la migración de aceites y grasas
Reducir el transporte de solutos
Mejorar las propiedades mecánicas y de manejo
Proveer integridad estructural a los alimentos
Retener los componentes volátiles
Contener aditivos que mejoren su calidad

La función más importante de estas películas sería la reducción de la pérdida de humedad, porque de esta forma se mantiene en buen estado el alimento, en cuanto a calidad y seguridad de este. Luego el transporte de gases en los cuales también se considera el etileno, hormona vegetal que regula la maduración, es regulado gracias a la película; la migración de componentes volátiles responsables del aroma de las frutas también está salvaguardado tras la película; y el recubrimiento adicionalmente le otorga un mejor manejo y una barrera de protección si es que este fruto es frágil y propenso a daño físico por su manipulación; además, mediante la mezcla con aditivos se pueden obtener otras muchas ventajas, entre ellas la resistencia a plagas y patógenos.

Se han hablado de los hidrocoloides, y en general estos materiales son más empleados como óptimos para la elaboración de biopelículas que han de ser usadas como recubrimientos comestibles pero además de ellas otros materiales pueden ser empleados. Los componentes estructurales de un recubrimiento alimenticio se clasifican, según Krochta et al. (1994), en tres categorías: lípidos, hidrocoloides (como biopelículas) y mezclas. Los hidrocoloides abarcan a los polisacáridos y proteínas, como se muestra en la tabla 1.1.; mientras que los lípidos comprenden a las ceras, acilglicérols y a los ácidos grasos; las mezclas son combinaciones de ambos materiales como matriz estructural y no como aditivos independientes del recubrimiento.

- **POLISACÁRIDOS Y PROTEÍNAS:** Su uso como recubrimiento comestible se debe a que presentan propiedades mecánicas muy adecuadas para su uso en productos frágiles, son usualmente insípidas, inodoras e incoloras y son sensibles al calentamiento; además cuentan con un nivel de resistencia a la tracción aceptable (Yú-Hernández, 2004). Las películas elaboradas en base a polisacáridos poseen buena adherencia a las superficies de frutas y hortalizas, mientras que los recubrimientos hechos en base a proteínas pueden cubrir rangos más amplios con el empleo de aditivos correspondientes (Bósquez, 2003)
- **LÍPIDOS:** Entre los lípidos los cuales se emplean para su uso como recubrimientos están varios aceites y ceras, la misma cera de parafina de grado alimenticio, la cera de abeja, la lecitina, los glicéridos, la cera de carnauba, la cera de candelilla, aceites minerales o vegetales, ácido esteárico, ácido láurico, etc.; otros componentes de naturaleza lipídica son las resinas como el shellac; obtenido de insectos; el rosín de madera; e incluso el ámbar (Bósquez, 2003). Entre las propiedades de estas biopelículas están las elevadas barreras contra humedad gracias a la hidrofobicidad propia de los compuestos lipídicos (Kester, 1986). Algunos recubrimientos en base a lípidos generan un ambiente anaerobio por su baja permeabilidad a gases, además que no se adhieren a superficies de naturaleza hidrofílica (Hagenmaier et al., 1991).

- **MIXTOS:** Un recubrimiento comestible mixto puede ser la mezcla integral de dos componentes: un hidrocoloíde y un lípido o dos hidrocoloides, se pueden hacer mezclas entre lípidos, proteínas y polisacáridos. Así estas mezclas trabajan sinérgicamente para que uno de los polímeros cubra una desventaja del otro polímero; de esta forma se pueden lograr mejoras en las propiedades del intercambio gaseoso, adherencia y permeabilidad al vapor de agua, las primeras combinaciones que se hicieron fueron netamente de polímeros, almidón con alginatos, pectinas con gelatinas (Yu-Hernandez, 2004).

En general, el material para los recubrimientos comestibles depende del uso que se le ha de dar o la característica principal deseada que se quiera buscar en la biopelícula, basado en ello se muestra a continuación la tabla 1.3.

TABLA 1.3. Usos Posibles de Recubrimientos Comestibles y Protectores (Fuente: Greener y Fennema, 1994).

FUNCIONES O APLICACIONES	TIPO ADECUADO DE PELICULA
Disminuir y balancear el nivel de humedad	Lípido, compuesto
Equilibrar favorablemente la tasa de respiración	Polisacárido, lípido o compuesto
Retardar mitigación de aceite y grasa	Polisacarido o proteinico
Retardar mitigación de soluto	Proteínico, lípido o compuesto
Mejorar la integridad estructural o propiedades de manejo	Polisacárido, proteínico, lípido o compuesto
Retener compuestos volátiles del sabor	Polisacárido, proteínico, lípido o compuesto
Vehículo de aditivos alimentarios	Polisacárido, proteínico, lípido o compuesto

1.2.3.2.REQUERIMENTOS, VENTAJAS, DESVENTAJAS E

INCOMPATIBILIDADES DEL USO DE RECUBRIMIENTOS

Un recubrimiento comestible es considerado como un aditivo alimenticio cuando se aplican a los alimentos y usualmente tienen un muy bajo valor nutricional; por otra parte, si aportan un valor nutricional significativo al alimento, pasan a ser

considerados ingredientes. Según Krochta et al. (1994). Debido a que las películas son tanto componentes del alimento como también son empaques del mismo deben reunir los requisitos siguientes:

- Tener buenas cualidades sensoriales.
- Poseer alta eficiencia mecánica y barrera contra el medio externo.
- Ser estables a nivel bioquímico, fisicoquímico y microbiano.
- Deben estar libres de tóxicos y patógenos.
- Ser seguros e inocuos para la salud.
- Su tecnología de fabricación debe ser simple.
- No deben de tener contaminantes.
- Ser de bajo costo tanto de materiales como en los procesos.

Entre muchas de las ventajas de los recubrimientos están el hecho de que sus materiales pueden servir de vehículo de aditivos que tienen que ser compatibles con su material, entre los muchos aditivos que pueden mezclarse con la matriz estructural de la biopelícula están saborizantes, pigmentos, antioxidantes, prebióticos, agentes antimicrobianos y etc. Sin mencionar que los recubrimientos comestibles pueden ser explotados comercialmente como alternativa a los empaques que son actualmente usados, desde un punto de vista medio ambiental son más óptimos, ya que son biodegradables, no generan residuos perniciosos, y su fabricación es más barata que los plásticos además de reducir la cantidad de basura como contenedores.

De acuerdo a Guilbert (1986) algunas de las ventajas del uso de biopelículas como recubrimientos son:

- Al ser comestibles, pueden ser ingeridas.
- Son de bajo costo.
- Su uso y consumo reduce la contaminación ambiental y los desechos.
- Su diseño puede mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos.
- Otorgan protección individual a un alimento.

- Se pueden emplear en alimentos heterogéneos como barrera entre componentes.

Pero también hay desventajas al uso de biopelículas como recubrimientos comestibles.

Es claro que las películas y recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas frescas proporcionan el mismo efecto de una atmósfera modificada, por lo que en muchos casos no son exitosas, y de hecho la calidad del producto vegetal se puede empeorar; de aquí que, el éxito de los recubrimientos comestibles para productos frescos, dependerá del adecuado control que ejerzan en la composición gaseosa interna (Park et. al., 2004).

Hay también varias desventajas relacionadas específicamente al tipo o clase de biopelícula el cual se esté usando, por ejemplo: por su naturaleza hidrofóbica los lípidos ejercen una buena barrera al vapor de agua, sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos (Saavedra et al., 2010).

Las compatibilidades e incompatibilidades de un recubrimiento comestible están dadas según el tipo de alimento que se desee recubrir y la función que se desea lograr con tal cobertura, y de hecho no hay límite para que alimentos quieran ser recubiertos; esto mostrado en la tabla 1.4 presentada a continuación; pero ciertamente hay un recubrimiento para cada tipo de comida a ser envuelta, dependiendo de las capacidades del material de una biopelícula degradable, se pueden hacer recubrimientos comestibles según su propósito deseado.

TABLA 1.4. Función aplicable para seleccionar películas protectoras (Fuente: Guilbert, 1986).

PROPOSITO DESEADO	ALIMENTO COMPATIBLE
Proveer una protección individual contra la humedad y el oxígeno	Pescado fresco, queso, carne y derivados
Retardar el crecimiento microbiano exterior	Alimentos con humedad intermedia
Controlar el balance de humedad dentro de un alimento heterogéneo	Pizzas, pies, sándwiches, pasteles y postres
Mejorar las propiedades mecánicas	Maní, camarones y mariscos
Proveer integridad estructural para reforzar la estructura del alimento	Carne reconstituida, pescado, alimentos liofilizados.
Disminuir la pérdida de humedad	Frutas, productos horneados o congelados
Proteger piezas que estarán dentro de tasas y bolsas	Quesos, helados, alimentos congelados
Proteger las superficies de la absorción de grasa	Queso, frutas secas, alimentos congelados
Mejorar la apariencia del alimento dándole brillo	Productos de panificación, frutas
Impartir o mejorar el sabor, el color o la palatabilidad	Alimentos varios

Entre otras varias incompatibilidades las cuales pueden presentar los recubrimientos protectores están los alimentos que tienen una alta tendencia a perder humedad, muchas biopelículas hechas en base polisacárida pueden debilitarse y perder integridad estructural, hecho dado a su polaridad; haciéndose más laxa y menos uniforme, también incrementando su permeabilidad a los gases y al vapor de agua (Krochta et al., 1994)

Las proteínas agregan un valor nutricional a los alimentos al ser usadas en recubrimientos comestibles pero, por motivos culturales o de salud, pueden ser socialmente rechazadas (Baldwin et al., 1999). De igual modo, las proteínas animales pueden ser rechazadas por personas vegetarianas o por personas a las que su religión se lo prohíba, como es el caso de la gelatina de cerdo o el mismo colágeno de res. Otras proteínas pueden causar intolerancias, como la intolerancia al gluten conocida

como enfermedad celiaca, a la lactosa de la leche y a las proteínas de la leche de vaca.

1.2.4. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS A PARTIR DE HIDROCOLOIDES ALIMENTICIOS NATURALES

Estos materiales coloidales al ser empleados en la confección de recubrimientos naturales pasan por varias etapas: su preparación en la cual se elabora la matriz estructural de la biopelícula, su acondicionamiento en el cual se incluyen la adición de componentes adicionales y finalmente, su aplicación en el fruto objetivo. Finalmente hay ciertas pruebas de calidad que se deben efectuar en la biopelícula sola y también en el ensamble fruto película, estas pruebas con el fin de asegurar sus propiedades y ver cómo influyen en la biopelícula.

1.2.4.1. PROCESO DE PREPARACIÓN DE RECUBRIMIENTOS NATURALES EN BASE A COLOIDES HIDROFÍLICOS

De los muchos materiales los cuales son empleados en la preparación de recubrimientos, cada uno de ellos tiene una forma particular de ser tratados con el fin de ser acondicionados para este fin, o de cómo usar los materiales y bajo qué condiciones se pueden hacer los biopolímeros los cuales han de ser usados como coberturas.

Yú-Hernandez (2004) ha trabajado con polímeros de quitosano con el fin de producir biopelículas y luego hacer cubiertas las cuales iban a pasar por distintas pruebas físicas, mecánicas y de transporte, la parte inicial la cual consta de la misma confección de la biopelícula, por ejemplo trabajando con este polisacárido. Primero este fue diluido en solución de ácido cítrico y acondicionado adicionalmente con ácido oleico y láurico en bajas concentraciones, fue calentado hasta disolverse, y luego han sido hechos secar en placas Petri por diferentes intervalos de horas.

En otro trabajo efectuado por Saavedra et al. (2010) se emplea un sistema multicomponente estructurado de almidón de yuca y proteína de soya con el fin de evaluar igualmente sus características mecánicas, térmicas y morfológicas pero más

específicamente para recubrir fresas. En este método se usan los polímeros por separado y también en una mezcla 50:50, una particularidad sería la elevación del pH de la solución proteica a 10 con hidróxido de sodio; luego de igual manera se puso en una cabina de secado por intervalos de tiempo de 48 horas.

En general las soluciones proteicas y polisacáridas al ser diluidas en agua o por tener un contenido de esta ya previamente en la solución, tienen que ser deshidratadas con el fin de formar la biopelícula en cuestión, métodos que incluyen calor hacen que se pierda esta cantidad de agua ya que al evaporarse esta se hace que las cadenas de polímeros se alineen entre sí (Skurtys et al., 2009), lo usual es que se proceda por hornos de secado por convección de aire; un método reciente de secado muy innovador y más rápido es el uso de cámaras infrarrojas de secado (Tharanathan et al., 2002).

1.2.4.2. PROCESO DE AGREGADO DE ADITIVOS

La solución inicial de la biopelícula, cuando está en su estado líquido, antes del proceso de secado, en este momento viene el agregado de aditivos, los cuales están hechos para dotar a la futura biopelícula de cualidades o propiedades extras. Los aditivos son varios componentes que pueden ser agregados a las películas protectoras para mejorar sus propiedades mecánicas, de protección, sensoriales o nutricionales (Guilbert, 1986). Muchos ensayos anteriores indican el uso de aditivos con el fin de mejorar diversas propiedades de las biopelículas (Skurtys et al., 2009). La influencia que tendrá el aditivo en las propiedades de la película dependerá en el grado de concentración, en la estructura química, en el grado de dispersión en la película y en la interacción con los polímeros. Entre los muchos agentes aditivos que se aplican a las biopelículas se clasifican ciertos grupos generales; entre ellos los Plastificantes, los Agentes Antimicrobianos, Antioxidantes, y más; adicionalmente se pueden poner varias clases de aditivos.

- **PLASTIFICANTES Y ESPESANTES:** Un recubrimiento comestible debe tener buena elasticidad y flexibilidad, no ser quebradizo, y ser lo suficientemente resistente para que no se resquebraje durante su manipulación y almacenaje. Por ese motivo el uso de plastificantes no volátiles de bajo peso

molecular son añadidos a las soluciones formadoras y así modificar su flexibilidad, estos actúan reduciendo las interacciones intermoleculares entre cadenas poliméricas adyacentes reduciendo los enlaces de hidrogeno entre cadenas. Los plastificantes son generalmente usados en biopelículas hechas en base a hidrocoloides, y su porcentaje varía desde del 10% al 60% del peso molecular del hidrocoloíde. Los plastificantes más usados son los polioles como glicerol, propilenglicol, polietilenglicol, los oligosacáridos como la sacarosa, y también el agua. (Myllärinen et al., 2002). Polímeros complejos como el phytigel o agar-agar también son usados como plastificantes siempre y cuando su concentración sea baja o se usen junto con algún otro aditivo. Por otra parte, el uso de espesantes está especificado con el fin de añadir robustez a la matriz estructural en el caso de que esta sea muy laxa o poco resistente, su uso conlleva usualmente un aumento en la densidad de la solución con la cual se suele preparar el recubrimiento, y a un nivel más profundo, un aumento de su peso molecular y complejidad, lo cual también afecta la temperatura de fusión o secado. Muchos de estos mismos espesantes son en sí mismos matrices estructurales para otros biopolímeros de los cuales se pueden fabricar recubrimientos, y se consideran como espesantes siempre y cuando su concentración sea menor en relación a la matriz estructural empleada. Coloides basados en polisacáridos (miel, quitosano, agar) o proteínas (gelatina, gluten) son usados con tal fin (Skurtys et al. 2010). Se puede ver la estructura molecular del glicerol y el complejo molecular de agar-agar como plastificantes y de los múltiples polisacáridos que conforma la miel como espesante en la figura 1.2.

•

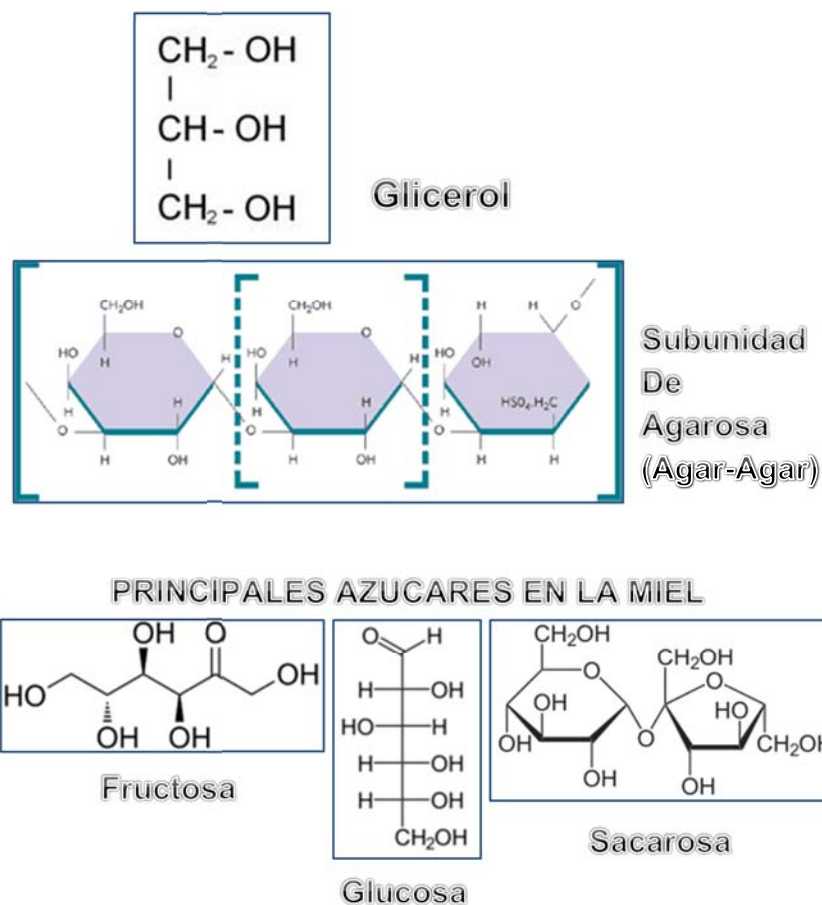


FIGURA 1.2. Estructura molecular del glicerol del agar y de los principales azúcares en la miel (Fuente: Biología 1M, Agargel Brasil y Wikimedia Commons)

- AGENTES ANTIMICROBIANOS:** A modo de otorgarle una protección contra patógenos y microbios adicional a un recubrimiento, se suelen agregar a la solución formadora de biopelículas, soluciones de agentes antimicrobianos que van desde compuestos hidrosolubles a aceites esenciales, eso dependiendo del grado de acción antimicrobiana que se desee. El uso de agentes microbianos naturales comprende en su gama de compuestos los aceites esenciales de plantas como por ejemplo los aceites de canela, orégano, ajo en concentraciones variables; se usan también enzimas y péptidos como la lisozima, o la nisina, que tienen un gran efecto en bacterias Gram (+) y también han tenido buenos resultados contra bacterias Gram (-) (Rojas-Gräu

et al., 2007). Agentes químicos artificiales también han sido usados como aditivos inhibidores de crecimiento microbiológico como ácido benzoico, ácido propiónico, ácido sórbico, benzoato de sodio y sorbato de potasio, que han sido incorporados a recubrimientos han logrado inhibir el crecimiento de microorganismos en su superficie, pero por razones de salubridad por los consumidores en cuanto al uso de preservativos químicos, se prefiere y hay mayor demanda por el uso de biopreservantes naturales. Por otra parte, el quitosano, el cual es una materia prima para la formación de biopolímeros, tiene de por sí una capacidad anti fúngica y bactericida, y en su formulación como recubrimiento comestible tiene ya incluida esta ventaja frente a otros biopolímeros (Rabea et al., 2003).

- **ANTIOXIDANTES:** El uso de aditivos lípidos para reducir las tasas de transferencia de vapor de agua, por su hidrofobicidad, tiene a crear un efecto de rancidez oxidativa, degradación y descoloración en un producto recubierto, por tal razón, el uso de antioxidantes en la formulación de biopelículas se ha vuelto popular (Baldwin et al., 1999). Las vitaminas E y C, o compuestos fenólicos de antioxidantes naturales son muy empleados en recubrimientos comestibles, por ejemplo en el trabajo de Ayranci, 1997, se han aditivado ácido cítrico y ascórbico a coberturas de Metilcelulosa consumibles para controlar la permeabilidad del oxígeno y reducir la pérdida de vitamina C en duraznos. Otro estudio de Mei et al., 2002, empleó coberturas de goma Xantana con vitamina E para mejorar la calidad nutricional y mejor el color de la superficie de zanahorias peladas. Algunos aceites esenciales los cuales cumplen un rol antibacterial, también tienen capacidad antioxidativa; compuestos como carvacrol, alcanfor, eugenol, linalol y timol, actúan como permeabilizadores de membrana (Burt, 2004).
- **OTROS AGENTES FUNCIONALES:** Entre las funciones de un recubrimiento protector-comestible también están las de ser un vehículo para transportar nutrientes o aditivos nutraceuticos con el fin de mejorar los frutos a los que envuelve, otorgándole aquellos los cuales estén ausentes o presentes en muy bajas concentraciones a estos. Por ejemplo el trabajo de Tapia et al.

(2007) en el cual se han elaborado recubrimientos de alginato y goma gellan, se les ha añadido cepas de *Bifidobacterium lactis* Bb-12 para ser aplicados en manzanas peladas y papayas. Otro ejemplo es el uso de recubrimientos comestibles enriquecidos o hechos en base a fructooligosacáridos ya que este tiene un efecto beneficioso en el tracto digestivo al estimular bifidobacterias en el, aportar bajas calorías y no ser cancerígeno (Ramesh et al. 2006). El desarrollo de recubrimientos nutricionalmente fortificados está muy condicionado al tipo de matriz estructural (materia prima de la biopelícula) y al tipo y la concentración del nutraceutico añadido a la solución formadora de biopelícula. Iones de Zinc, Calcio; o Vitamina E incorporados en una matriz estructural de biopelícula proveen formas alternativas de fortificar frutas y vegetales frescos (Park et al., 2004).

1.2.4.3. PROCESO DE APLICACIÓN DE SOLUCION FORMADORA DE PELICULA

El proceso de aplicación de una biopelícula, luego de la formulación y de la adición de nutraceuticos aditivos, cuando ha de ser aplicado a la superficie de un fruto o un alimento comestible, debe tratar de cubrir la superficie correctamente y sin fallas, adaptándose lo más cerca posible al alimento, sino se producen fallas como se pueden ver en la figura 1.2. Las tecnologías actuales de producción de recubrimientos comestibles son muy parecidas a la fabricación de plásticos, por “casting” de solvente y por extrusión; los principios son los mismos pero las condiciones son variables. La técnica del “coating” tiene 2 subtipos: “spraying” y “dipping”. Otras técnicas también son el “coating” o revestimiento (Skurtys et al., 2009).

Un recubrimiento protector comestible y libre de defectos, los cuales se pueden presentar de acuerdo a la superficie del alimento o al tipo de técnica de recubrimiento usada; entre muchas de las fallas las cuales pueden tener un recubrimiento tres muy comunes son la no uniformidad, daño mecánico a la cobertura y atrapamiento de burbujas de aire.

-

- “CASTING” POR DISOLUCIÓN: Esta es la técnica más empleada para formar biopelículas protectoras, se hacen soluciones acuosas del material matriz y se esparcen encima de un sustrato adecuado y luego se hacen secar estas. Mientras esta está secando, por la evaporación del solvente se reduce la solubilidad del polímero haciendo que sus cadenas se alineen y formen coberturas. (Skurtys et al., 2009). Por lo general, estos procedimientos son por secado de aire en hornos ventilados, ahora las cámaras de secado Infrarrojas son ventajosas por acelerar el proceso de secado. (Tharanathan et al., 2002). El contenido óptimo de humedad que debe tener un recubrimiento es del 5 a 10% y su estructura y grosor depende también de las condiciones de secado. Las soluciones hechas de polímeros puros tienden a ser quebradizas y tienden a rajarse y resquebrajarse, en general las soluciones de un solo tipo de hidrocoloíde tienen esta característica, y por ello el uso de plastificantes es necesario, además el secado rápido de estas soluciones limita el desarrollo de asociaciones intermoleculares, y crea defectos en la cobertura como grietas y curvaturas; mostrada en la figura 1.3. Para formar películas multicapa por este método, el método más simple es hacer secar primero la cobertura base y luego aplicar sobre esta la nueva y secar de nuevo, útil para hacer mezclas hidrocoloíde – hidrocoloíde o lípido – hidrocoloíde. Varios submétodos de esta técnica como el “coating” o el “wrapping” involucran una especie de aplicación en seco de la biopelícula, el cual esta, una vez seca se pliega alrededor del fruto en cuestión (Krochta et al., 1994).

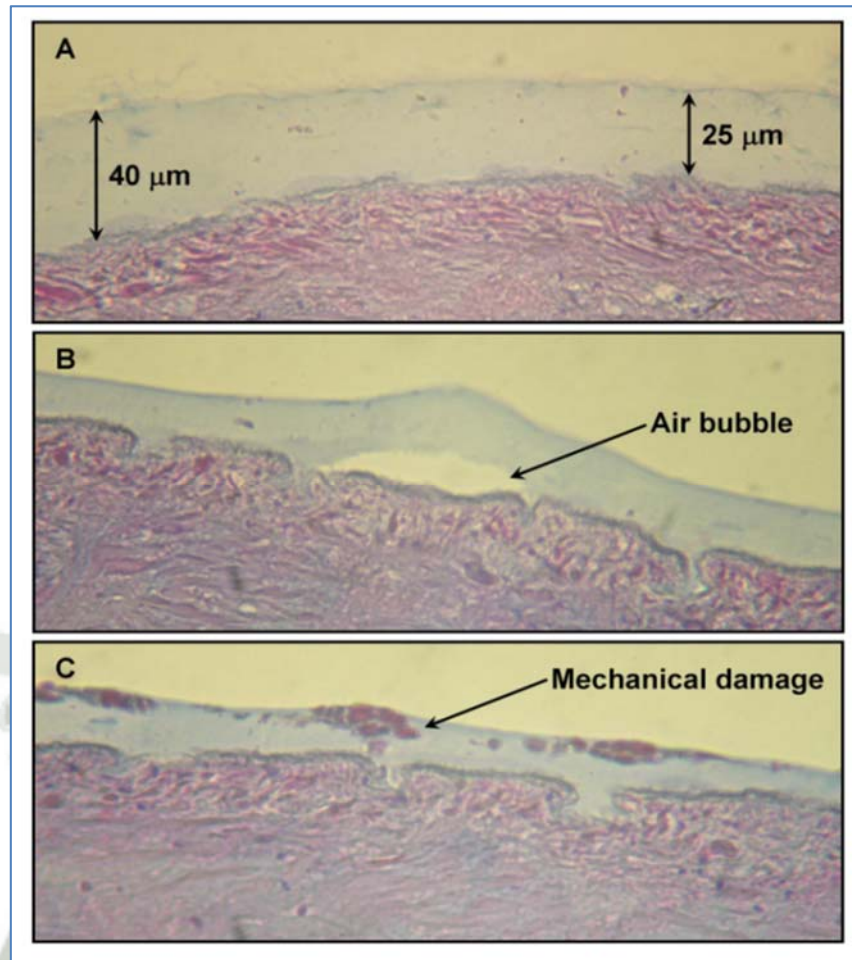


FIGURA 1.3. DEFECTOS DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN SUPERFICIES, en esta sección horizontal de una biopelícula de alginatos aplicada sobre almejas, se pueden notar los tres tipos de errores en su aplicación: A) no uniformidad, B) burbujas de aire y C) daño mecánico. (Fuente: Skurtys et al., 2009)

- **EXTRUSION:** La extrusión es un procedimiento muy empleado en la industria plástica, para la producción de polímeros sintéticos. Los primeros trabajos los cuales aplican la tecnología de la extrusión en recubrimientos comestibles fueron los de Finkenstadt y Willett (2004). El proceso de extrusión se basa en el mismo principio de las propiedades termoplásticas de los polímeros al ser plastificados y calentados por encima de su temperatura de transición vítrea en condiciones de baja humedad. Para evitar el efecto de resquebrajamiento que se da en hidrocoloides, se añaden plastificantes a la mezcla inicial de 10 % a 60% w/w. Este proceso es más atractivo a nivel industrial que el método de casting por disolución, ya que este no requiere la

adición de solvente ni un tiempo de evaporación. En trabajos de investigación se han elaborado exitosamente biopelículas por extrusión de Pectina con glicerol (Liu et al., 2006).

- **INMERSIÓN (DIPPING):** La inmersión en frutos y vegetales es un método comúnmente ensayado, la cobertura de estos por inmersión aprovecha las propiedades de densidad, viscosidad y tensión superficial (Cisneros-Zeballos et al. 2003). Estos procedimientos son tan simples como hundir el fruto en la solución formadora de biopolímero por 5 o 30s. Por otra parte, la aplicación directa de agentes antimicrobianos en superficies de alimentos por inmersión ha demostrado ser poco efectiva debido al derrame, la actividad enzimática o la reacción con otros componentes. Sin embargo, el método de aplicación con brocha en frejoles y fresas fue mejor que el método de envoltura o inmersión, en cuanto redujo la pérdida de humedad. La aplicación de recubrimientos comestibles a frutos con bajo procesamiento no es fácil ya que hay cierta dificultad en obtener una buena adhesión del recubrimiento por la naturaleza hidrofílica de la superficie del fruto, para resolver este problema se puede emplear la técnica de la Capa Múltiple, tal como se muestra en la figura 1.4 presentada a continuación: La electrodeposición en donde dos o más capas de este material de espesores nanométricos se adhieren física o químicamente el uno al otro. (Weiss et al., 2006).

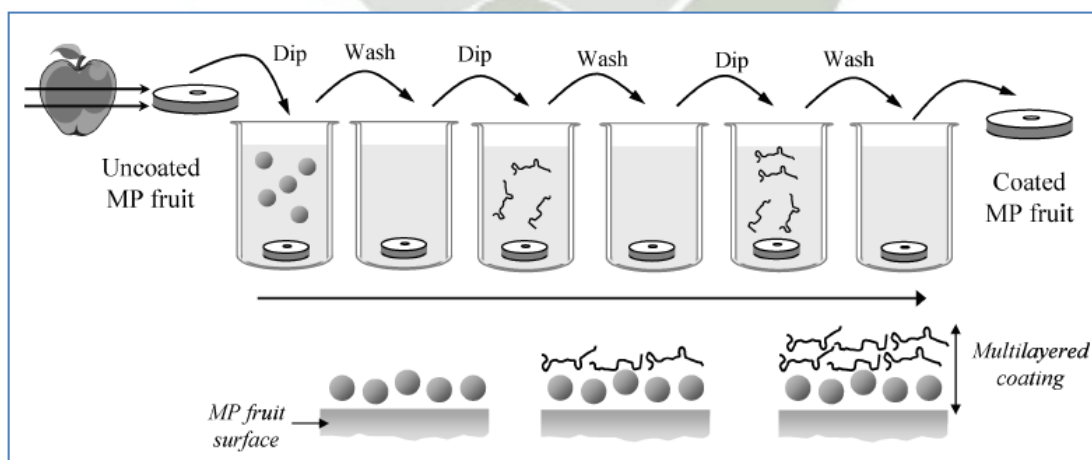


FIGURA 1.4. Representación esquemática de un proceso de recubrimiento mediante la técnica de inmersión según el método de capa múltiple (Fuente: Skurtys Et AL., 2009)

- **ATOMIZACIÓN (SPRAYING):** En la industria alimenticia, este método por atomización es el método convencional más empleado cuando las soluciones formadoras de cobertura no son muy viscosas, porque, de hecho, una solución con alto nivel de viscosidad no puede volverse atomizable, y la opción restante es por inmersión, lo cual le da un elevado espesor al recubrimiento. Un chorro de atomización funciona como la aplicación de una hoja bidimensional de fluido, la cual luego se deshace en una serie de cintas cilíndricas las cuales eventualmente pasan por el mismo proceso. El tamaño de gota final lo determina el tipo de pistola atomizadora y de la tobera, la temperatura, el caudal de flujo de aire y líquido, y la humedad del aire entrante y de la solución del polímero (Bergeron et al., 2000). Los sistemas de atomización clásicos producen una aspersión fina con un tamaño de gota hasta 20 μ m, pero el electro-atomización puede llegar a tamaños de gota de 100nm de soluciones del biopolímero.

1.2.4.4. ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD RELACIONADOS AL USO DE MUCÍLAGOS

Un recubrimiento protector elaborado en base a un biopolímero forma una biopelícula, y como toda biopelícula o membrana, esta posee características importantes las cuales están involucradas en el paso de gases, permeabilidad, transferencia de masa, dureza, resistencia; entre muchas otras las cuales determinan las propiedades de la biopelícula. Ahora bien, al ser esta aplicada como recubrimiento comestible encima de un fruto, hay otra serie de ensayos directamente relacionados con el control de calidad de este biopolímero cuando recubre un espécimen vegetal, en el caso de un fruto estacional como es la fresa, se tienen diferentes parámetros en los cuales se ha de evaluar la calidad de un fruto versus el fruto recubierto, como los que serían la tasa de respiración, la pérdida de peso, variación de pH y grados Brix, determinación del índice de acidez, determinación del índice de madurez, y las evaluaciones organolépticas.

Estos ensayos dependiendo del tipo de aditivo el cual se añada pueden tener un fin organoléptico o protector contra agentes adventicios; o ser básicamente un protector mecánico contra stress físico.

1.2.4.4.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS PELÍCULAS

Los parámetros fisicoquímicos los cuales son evaluados de manera estándar en una lámina de biopolímero. Son pruebas mecánicas y de transferencia de masa, estas propiedades tienen una incidencia directa sobre la estabilidad y flexibilidad de esta, también juega un rol importante en su resistencia frente a cambios de temperatura, físicos y ambientales

- **ESPESOR Y MICROESTRUCTURA:** Tal vez este sea el parámetro físico más importante al momento de evaluar una biopelícula, esta afecta directamente las propiedades biológicas de un recubrimiento comestible, y por ende su vida de anaquel. Este parámetro incide directamente en casi todos los demás como por ejemplo, la permeabilidad frente a gases y vapor de agua y la resistencia a la fuerza de tensión, de la misma manera este parámetro se ve afectado por la composición, la densidad y la viscosidad de la materia prima que conforma la película y los aditivos adicionales que la solución madre contenga, según lo que se puede observar en la figura 1.5. Es importante que una biopelícula no exceda un grosor adecuado sino esta reduciría drásticamente la concentración de gases dentro de ella, limitando la entrada de O_2 e incrementando la de CO_2 dentro de esta promoviendo la fermentación anaeróbica. (Skurtys et al., 2009).

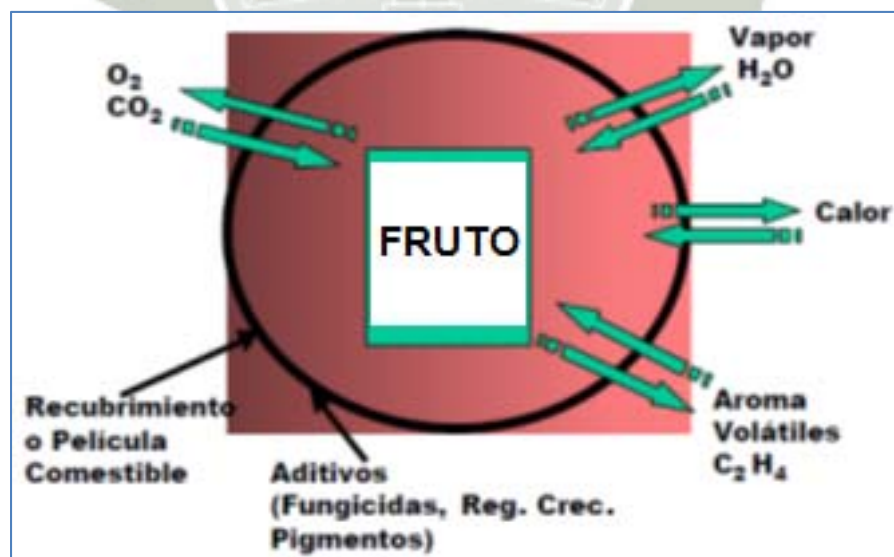


FIGURA 1.5. Propiedades de la biopelícula relacionadas en función al espesor (Fuente: Bósquez, 2003)

- **FUERZA DE ROMPIMIENTO Y ELONGACIÓN:** La fuerza de tracción, fuerza de tensión o fuerza de rompimiento es otro tipo de parámetro mecánico el cual determina en gran parte la fuerza mecánica de una biopelícula, las propiedades mecánicas de un biopolímero son evaluadas mediante varias propiedades: la fuerza de tensión (TS), el porcentaje de elongación y de rompimiento (E), y el módulo de Young (Y). Todos ellos son evaluados por medio de curvas de stress de tensión de acuerdo a la normativa de Sociedad Americana de Evaluación de Materiales (ASTM). La TS se determina midiendo la carga máxima aplicada a este antes de fallar, en el área de sección cruzada. El valor de E esta expresado como el porcentaje de cambio en la longitud original de este antes de romperse, dando una medida detallada de la extensibilidad del film; este valor es experimentalmente obtenido en base a una curva hecha por la prueba tensión y con los valores de TS, que dan por resultado una medida de la dureza del recubrimiento.
- **PROPIEDADES DE BARRERA FRENTE A GASES Y VAPOR DE AGUA:** Un biopolímero crea una barrera y dentro de esa barrera se crea una atmosfera modificada, dentro de la cual el tránsito de gases no es el mismo en el entorno fuera del biopolímero; la entrada y salida de CO₂, O₂ y vapor de agua, al ser esta alterada, tiene su repercusión en el metabolismo del fruto, la respiración microbiana, la solubilidad de gases y la permeabilidad del mismo recubrimiento. Por ende la eficacia de un recubrimiento comestible es fuertemente dependiente de sus propiedades de barrera frente al gas, al vapor de agua, aroma, y concentración de aceite. Y estos así mismo también dependen de la composición química y la estructura de los polímeros formadores, las características del producto y sus condiciones de almacenamiento (Skurtys et al., 2009). El transporte de gases a través de recubrimiento comestible consta de 3 pasos: la adsorción del permeante en la superficie del recubrimiento, la difusión de este de un lado del recubrimiento hacia el otro, y luego la de-adsorción del permeante fuera del recubrimiento, esto se puede apreciar mejor en la figura 1.6. El transporte de gases a través de una biomembrana o biopelícula, está gobernado bajo las leyes de

transferencia de gases como son la ley de Fick, la ley de Henry y la ley de permeabilidad. Esto se cumple para todos los procesos de permeabilidad cuando se evalúan gases como el O_2 , el CO_2 . Esto sin embargo varía cuando se trata del vapor de agua, ya que sus propiedades no se ajustan a las leyes anteriormente mencionadas.

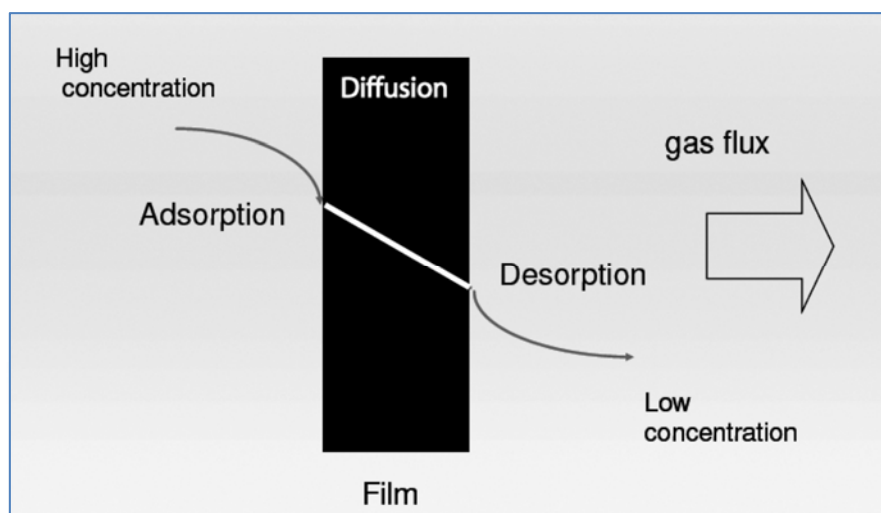


FIGURA 1.6. Transporte de moléculas de gas a través de un recubrimiento comestible (Fuente: Skurtys et al., 2009)

En el caso del vapor de agua que se difunde a través de una matriz polar, la ley de Fick no es estrictamente la misma para tal fenómeno al no tener valores constantes el vapor de agua al migrar a través de matrices hidrofílicas (Kester et al., 1986). El transporte de vapor de agua se da por 2 mecanismos: difusión activada, en la cual se abre un espacio (hoyo) entre la matriz del biopolímero, donde el permeante atraviesa ese espacio de afuera hacia adentro, antes de que ese espacio vuelva a cerrarse; este fenómeno se da cuando la matriz estructural del recubrimiento carece de poros o fracturas, y se da principalmente por las gradientes de presión entre ambos lados del recubrimiento. Y la difusión capilar, la cual se da en materiales porosos, al no haber interacción entre el biopolímero y el vapor de agua, este simplemente pasa a través de los poros libremente.

- OTROS ENSAYOS: Entre otras pruebas aplicables al estudio de biopolímeros están la densidad y la viscosidad de las soluciones madre las

cuales forman parte de la matriz estructural de la película. Estos valores ayudan a tener una idea de ciertas propiedades que han de tener las soluciones formadoras, para su mejor uso y aplicación para el momento de efectuar sus recubrimientos, siguiendo los métodos de medición estándar según la ASTM, el cual involucra el uso de reómetros de laboratorio, o equipo estándar de laboratorio.

1.2.4.4.2. ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD COMO RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Una vez que se tienen los biopolímeros formados y estos acondicionados como recubrimientos comestibles, hay otra variedad de pruebas las cuales permiten la evaluación integral de un fruto recubierto, para efectivamente evaluar si la biopelícula formada puede cumplir sus funciones de protección frente a los factores externos ya sean bióticos o abióticos, por lo general estas pruebas también se realizan frente a un control el cual involucra el fruto simple, y un recubrimiento comercial conocido.

- **TASA DE RESPIRACIÓN:** La tasa de respiración de un fruto evalúa la cantidad de CO_2 producido en este, y este estudio es comparativo, el cual debe realizarse frente a un fruto in recubrir y otro fruto recubierto. El índice de respiración se determinó a partir del método citado por Márquez et al. (2007), para la evaluación del índice de respiración en tomate de árbol expresado como $\text{mg de CO}_2/\text{h} \cdot \text{g}$, que se fundamenta en la modificación del método químico de Pettenkoffer, consistente en neutralizar el CO_2 producto de la respiración del fruto, con NaOH (0,1 N), determinando la cantidad de H_2CO_3 a partir de la diferencia de concentraciones de la solución de NaOH inicial (0,1 N) y la concentración de NaOH parcialmente neutralizada. Obteniendo la cantidad de CO_2 por métodos estequiométricos a partir del H_2CO_3 .
- **PÉRDIDA DE PESO:** La prueba de pérdida de peso está basada en la cantidad de agua que pierde un fruto por sus interacción con el medio ambiente, entre otros factores como también está la degradación de sus componentes por el metabolismo de esta, es una prueba gravimétrica la cual resta el peso inicial del fruto menos el peso final de este y se toma como un porcentaje final.

- **MEDICIÓN DE pH y SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (GRADOS BRIX):** Los grados Brix son una medida del contenido de azúcar en una solución acuosa, se define como 1 grado Brix a 1 gramo de sacarosa en 100 gramos de solución en porcentaje peso/peso. Este valor es aplicable a varios tipos de azúcares como contenido aproximado en disolución. Esto es mensurable según su índice de refracción de la luz mediante el uso de refractómetros calibrados. Por otro lado, la degradación de azúcares que en su lugar puede formar etanol o ácidos orgánicos, involucra la reducción de grado Brix y la variación del pH de una muestra de fruto, por ende también la toma del pH de la solución es importante, según el pH se tienen indicios del estado de maduración de un fruto, según Holcroft & Kader (1999).
- **DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE:** La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, etc. La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte. Para reportar la acidez, se considera el ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante. La acidez del fruto es un indicador de su estabilidad metabólica y de su madurez (Kester et al., 1986). De tal manera la determinación de la acidez por titulación esta descrita en el método de Holcroft & Kader (1999). El cual consta de la titulación de una alícuota del jugo obtenido de fresa mezclado con fenolftaleína como indicador con NaOH 0.1N, con el fin de determinar el grado de acidez el cual sale representado mediante ecuación de trabajo. Mediante este parámetro y la cantidad de grados Brix, se puede determinar el índice de madurez, que es el parámetro descrito a continuación.
- **DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ:** El índice de Madurez (IM) es el resultado del cociente entre los resultados de sólidos solubles, los cuales son determinados por el nivel de acidez registrado en las fresas; entre

la cantidad de sólidos solubles en grados Brix. Este procedimiento está más explicado en la Norma Técnica Peruana 011.025:2010.

- **EVALUACIONES ORGANOLÉPTICAS:** El Instituto de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”. La calidad visual de un fruto es una serie de parámetros de apreciación sensorial, son parámetros de medición cualitativa los cuales están sujetos a un deliberado nivel de ponderación, y que pueden ser evaluados por un grupo de panelistas a los cuales se les informa que parámetros deben analizar. Una serie de preguntas sobre las cuales se hacen los parámetros finales de evaluación son, por ejemplo: sabor, color, olor, textura, etc. Los cuales han de tener un puntaje que puede ser arbitrariamente puesto por el examinador o puede registrarse según ciertos tipos de pruebas específicas, como las Pruebas Descriptivas o Pruebas Escalares de Control, en las cuales se ponen calificativos descriptivos los cuales pueden ser medidos con un puntaje o mediante una apreciación según los panelistas quienes efectúan la evaluación (Skurtys et al., 2009).

1.2.4.4.3. ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

A fin de determinar los diferentes patógenos que pueden atacar un fruto que va a ser recubierto con un biopolímero se hacen otras pruebas adicionales las cuales permiten la diferenciación de un patógeno. Dejar el fruto pudrirse al ambiente o en diferentes entornos ayuda a que los patógenos más comunes lo colonicen, y una vez obtenidos estos son aislados y dependiendo de su naturaleza se pueden hacer cultivos para obtener bacterias u hongos. Cultivos en agar nutritivo, o agar Sabouraud para evaluar los microorganismos visualmente por sus colonias y examinación al microscopio para verlas con mayor detalle (Vergara, 2008).

Los ensayos de dilución seriada o de antibiograma con un disco extraído del biopolímero versus uno inerte (de papel, por ejemplo) empapados o no con el agente antimicrobiano para medir halo de inhibición, la prueba de concentración mínima inhibitoria con varias concentraciones del agente hasta encontrar la adecuada, los

ensayos de dilución doble en agar para la prueba de extractos vegetales, usando un aceite esencial, la materia prima del biopolímero o una mezcla de estos dos, son algunos de los ensayos más comunes cuando se quieren evaluar la capacidad de eliminar o dejar estático a los diferentes microorganismos que afectan un fruto, y por lo general se hacen también incorporando el material del mismo recubrimiento para evaluar si hay alguna especie de sinergia entre el antimicrobiano y la materia prima del recubrimiento que favorezca o no la acción antimicrobiana o antifúngica de este (Alcántara, 2009).

1.3. TARA (*Caesalpinia spinosa* Kuntze)

1.3.1. CARACTERÍSTICAS

La Tara, cuyo nombre científico es *Caesalpinia spinosa*, pero también es conocida con los nombres de taya, huarango o algarrobo de taninos es el nombre de una planta endémica la cual crece en las regiones andinas de la sierra de Perú, esta planta se encuentra distribuida en la mayor parte de América Latina. La Tara o Tawa “Es un árbol de curiosa forma retorcida y aspecto lúgubre que mide hasta 5 metros de altura. El fruto está provisto de vainas encorvadas de color naranja rojizo cuando están maduras. Tiene de 4 a 7 semillas ovoides y pardas” (Brack, 2011). Tal como se muestra en la figura 1.7 presentada a continuación.



FIGURA 1.7. Tara (*Caesalpinia spinosa* Kuntze), planta y semillas. (Fuente: Exandal Corp.)

1.3.2. PROPIEDADES

La tara es un árbol el cual tiene vastas aplicaciones, pese a esto no ha sido muy estudiada, al igual que una vasta cantidad de plantas nativas de la serranía del Perú. Pero es sabido por algunas investigaciones y por observación misma, que esta planta tiene potencial para la reforestación ya que puede frenar el avance del desierto, siendo una planta la cual tiene un bajo requerimiento de agua para subsistir; pero también se pueden explotar sus frutos que son fuente industrial de taninos, tintes y material para pinturas anticorrosivas; la vaina madura pulverizada es empleada para la extracción de taninos los cuales tienen gran demanda y son utilizados para curtir el cuero, como alternativa al tóxico cromo; la planta tiene, por sabiduría popular, acción de alivio contra la amigdalitis y además es cicatrizante (Brack, 2011). Se han hecho algunos estudios los cuales buscan aislar ciertos componentes encontrados en sus vainas, un trabajo efectuado por Mendoza et al. 2007 obtuvo lecitinas de Tara por cromatografía y HPLC. En las lecitinas aisladas de Tara se encontró que estas tienen cierto rol en su capacidad innata de resistir plagas y patógenos.

Otra aplicación importante es la goma que se halla dentro de sus semillas que tiene diversas propiedades y la cual es comparable con otras gomas de origen vegetal, como la goma Guar. Esta goma tiene un gran potencial como estabilizante y espesante de alimentos. A la goma de tara se le dio un código alimenticio una vez que se le reconoció como un hidrocoloíde mas, su código cuando se usa en alimentos es E-417. Algunas de las aplicaciones de la goma de tara son estas, también hay que destacar que la goma de tara no es siempre adecuada para algunas de estas aplicaciones, tiene potencial pero aún no se han hecho los estudios concluyentes (SIPPO, 2009):

- Espesante de comidas
- Taninos para curtido de cuero (se utiliza mejor la cáscara para tal fin)
- Adhesivo de pinturas
- Pigmento de adhesión en fotografía
- Industria de la impresión e Industria textil
- Densificador de superficies y agente adhesivo en la industria papelera

- Agente gelificante en industria de explosivos
- Espesante, emulsificante y estabilizante en industria farmacéutica
- Industria cosmética
- Complemento en perforación en industria petrolífera
- Complemento de floculación en tratamiento de aguas y minería
- Empleo en la industria de alimentos como recubrimiento comestible.

1.3.3. USO COMO RECUBRIMIENTO

La goma de tara, para ser empleada como recubrimiento protector, tiene un potencial aun no empleado, pero al igual que otras gomas de origen vegetal o bacteriano, pueden tener aplicaciones una vez bien estudiadas, un estudio de mercado efectuado por la compañía SIPPO Inc. en coordinación con la empresa Peruana Molinos Asociados S.A.C (SIPPO, 2009). Demostró que las propiedades de la goma de tara, como un hidrocoloíde, son las siguientes, tal como muestra la tabla 1.5.

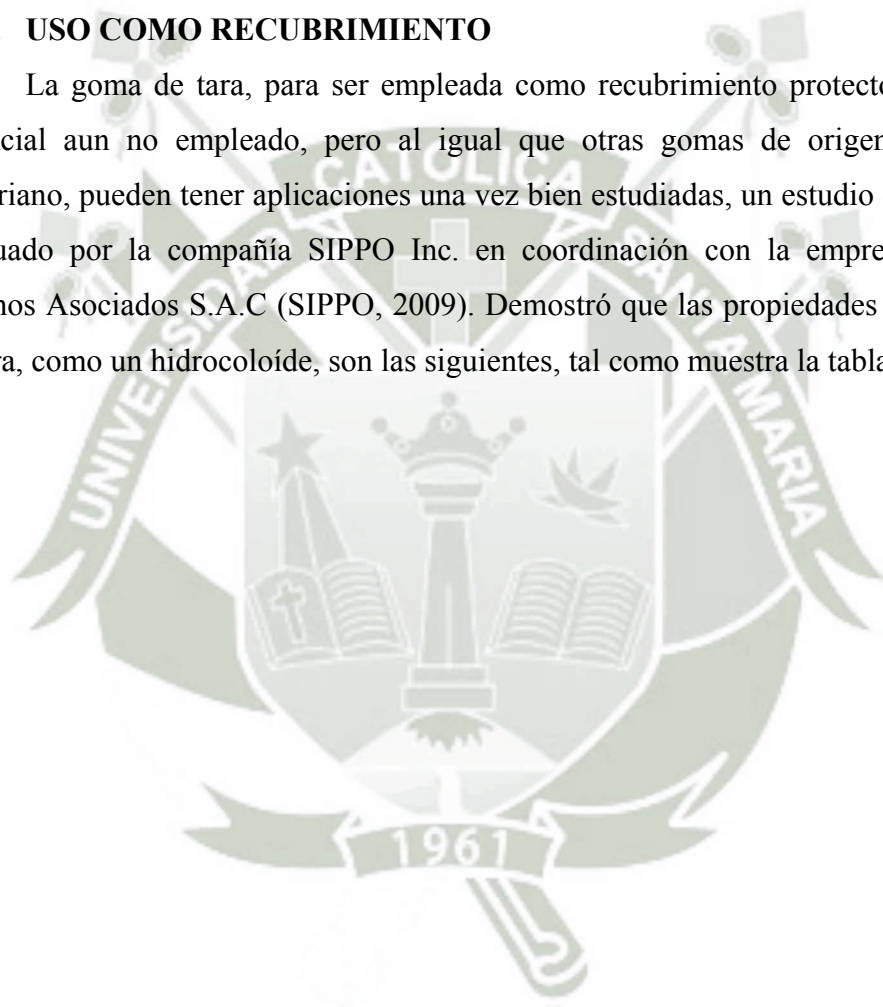


TABLA 1.5. Especificaciones de la goma de Tara (Fuente: SIPPO & Molinos Asociados, 2009)

ESPECIFICACIONES DE LA GOMA DE TARA (NIVEL ALIMENTICIO)	
Especificaciones Técnicas	
Humedad	Max. 15%
Proteínas (Kehjdall)	Max. 3.5%
Ceniza	Max. 1.5%
Contenido de Grasa	Max. 0.75%
Almidón	Max. 2%
Tamaño de partícula (secada)	Mesh 100: >80%
Solubilidad	Parcial en agua fría, soluble en agua caliente
Viscosidad al 20%	Sol. 1%, 25°C, 20RPM, spindle #4: 5000 – 6000 cps
Metales Pesados	
Plomo	Max. 5ppm
Mercurio	Max. 3ppm
Arsénico	Max. 1ppm
Cadmio	Max. 1ppm
Especificaciones Microbiológicas	
Conteo de Placas total	< 5000 ufc/g
Hongos y Levaduras	< 500 ufc/g
<i>Escherichia coli</i> & coliformes	< 1 ufc/g
Salmonella	Negativo/25g

El mayor componente del mucílago de goma de tara son polímeros de galactomanano consistentes de una cadena linear de unidades de (1-4)- β -D-mananopiranososa con unidades de α -D-galactopiranososa unidas por enlaces 1-6. El radio de manosa y galactosa es de 3:1, y gracias a ello se producen soluciones altamente viscosas, inclusive a concentraciones del 1%; por ese mismo motivo requiere de calor externo para su disolución y formación de agregados. (Avachat et al., 2010) La composición principal de la goma de tara es de unidades de galactomananos, muy similar a la composición de la goma guar o la goma de algarrobo (locust bean), salvo que la estructura de las cadenas de polisacáridos de la

goma de tara son a cada 3 unidades de manosa por una de galactosa, siendo su contenido 25% galactosa y 75% manosa. Posee una sinergia de gelificación con el agar y el carragenano. A diferencia de otras gomas basadas en galactomananos, su biopelículas producidas son más fuertes, con una fuerza de tensión de 1.365g y una fuerza de punción de 390g (Huber, 2009).

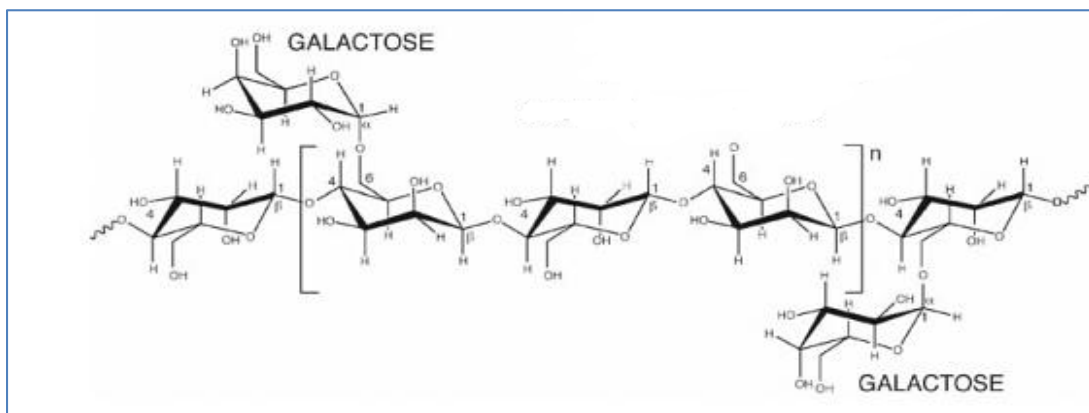


FIGURA 1.8. Estructura de los galactomananos de la goma de Tara. (Fuente: Huber, 2009)

Trabajos los cuales involucran la creación de biopolímeros con fines de estudio son por ejemplo: el trabajo de Cerqueira et al. (2011). En el cual se han elaborado polímeros con diferentes leguminosas entre ellas las semillas de Tara, y establecieron un protocolo de extracción de la goma, de igual manera han ensayado sus propiedades en sus evaluaciones, han demostrado que soluciones de galactomananos son altamente viscosas y sus viscosidades son estables en un amplio rango de pH (1-10), salvo que se mezclen pH's extremos a altas temperaturas; así se muestra su estructura de tales moléculas en la figura 1.8. Incluso a diferencia de otros polímeros la goma de tara es de fácil disolución, entre 20 a 40°C y una vez seca es altamente estable.

Mikkonen et al. (2007) Realizaron estudios con las permeabilidades de vapor de agua y O₂, y las propiedades mecánicas, de varios filmes hechos en base a gomas con galactomananos entre ellas la goma de Tara, determinando que son estructuras de por si robustas pero que sin embargo, la adición de plastificantes suele hacerlas más lábiles, de igual manera afecta las permeabilidades, haciendo más fácil el paso de vapor de agua y CO₂.

Los mismos autores, Cerqueira et al. (2011) Han evidenciado que la interacción de la goma de galactomananos aditivada con lípidos, mejora la permeabilidad de este, de igual manera otros estudios han confirmado que la interacción de gomas basadas en galactomananos, mezcladas con compuestos antimicrobianos como aceites esenciales, demuestra que la matriz estructural de la película, permite albergar estos componentes y potenciar su resistencia frente a patógenos.

Se han descrito trabajos en frutas como manzanas y mandarinas (Rojas-Grau et al., 2007) las cuales han sido recubiertas con geles formados con galactomananos, teniendo buenos resultados entre los cuales destacan la mejora de la apariencia, mejor brillo, mayor firmeza del fruto, reducción en la salida de O₂ y menor pérdida de peso sin embargo estos no han sido hechos de goma de tara, sino de otras gomas afines como la goma de algarrobo y la goma Guar, por lo cual trabajos que involucren solo la goma de tara aún están a la espera de ser realizados.

1.4. SÁBILA (*Aloe barbadensis* Miller)

1.4.1. CARACTERÍSTICAS

El término Sábila se refiere a un grupo numeroso de plantas, todas ellas pertenecientes al Género: Aloe, entre ellas se encuentran muchas plantas, pero las especies más comunes de este género son: Aloe Vera, la que es coloquialmente conocida como Sábila (*Aloe barbadensis*), *Aloe arborescens*, *Aloe maculata*, *Aloe ferox* entre otras. Esta planta es originaria de África y de Oriente Próximo, aunque ahora se encuentra distribuida en todo el mundo.

La Sábila nativa que crece en la región de los andes, está muy emparentada con otros géneros de esta misma planta, aunque la gran mayoría de estos se encuentran aún en África, Arabia y el Próximo Oriente, la cual es la zona originaria de esta planta; esta planta recién fue llevada a China y Europa en el siglo 16 donde empezó su masificación. Esta Planta Perenne y suculenta (de hojas muy jugosas),

tiene la fisionomía de sus hojas dispuestas en rosetas, la planta llega de tener 50cm de largo por 7 de ancho, de hojas anchas y gruesas de color verde a color grisáceo llenas de mucílago con un elevado contenido de agua, de márgenes dentados, sus flores se abren en verano (Yates, 2002). Dicha descripción se muestra en la figura 1.9.

1.4.2. PROPIEDADES

Desde hace ya mucho tiempo atrás la Sábila tiene bastante uso, y mucho de ese uso está documentado, pero se sabe que desde tiempos antiguos la Sábila ha sido descrita como una planta medicinal por historiadores como Plinio y Dioscórides. El género *barbadensis* es el más comercializado en Sudamérica. Esta planta tiene un notable uso en la medicina, como también en la industria cosmética y alimentaria; aunque ciertos estudios efectuados en ella muestran que su efectividad es limitada y contradictoria (Marshall, 1990).



FIGURA 1.9. Sábila (*Aloe barbadensis* Miller), planta y mucílago. (Fuente: Vitaplant Industries)

Como suplemento dietético, se sabe que esta planta contiene un extracto exudativo llamado Aloína el cual se solía emplear como agente laxativo, sin embargo su uso fue prohibido en los E.E.U.U. en el año 2003, y aun así se siguen llevando programas toxicológicos para determinar su toxicidad. No obstante, el jugo de Sábila es vendido con el fin de mejorar la salud del sistema digestivo. Es también sabido que las hojas de la sábila contienen ciertos fotoquímicos con los cuales se estudia su bio-

actividad como polimananos, glicósidos de Antraquinonas, antronas y varias lecitinas.

Su uso en la industria cosmética y medicinal abarca también una gran parte del cultivo mundial de esta planta, Su uso como agente antirritante, o humectante reduce la perdida de agua además de sus inherentes propiedades bactericidas y bacteriostáticas, se utiliza en la industria agroindustrial como preservante de semen de animales, permite la conservación del agua en granjas pequeñas e incluso de las semillas de sábila se puede obtener biocombustible (Shukla, 2008). En la Industria alimenticia, el uso del mucílago es para conservar alimentos, o también como sustancia para comidas por sus propiedades gelificantes.

1.4.3. USO COMO RECUBRIMIENTO

El gel de Aloe vera contiene básicamente, alrededor de 98,5% de agua y es rico en saponinas y mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por Ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en Ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables (Vega et al., 2005). Debido a que el propio mucílago de la sábila es tiene un contenido de agua muy alto, sus propiedades funcionales radican en el porcentaje restante, en el cual se pueden hallar otros varios compuestos aparte de los ya previamente mencionados antes, esto hace al mucílago de sábila una mezcla multicomponente, más heterogénea que las gomas o resinas vegetales, y de hecho más diversa que la goma de tara.

La composición y propiedades físico-químicas del mucílago de sábila pueden variar en función de la lluvia o el riego, del terreno, de la época de recolección y acopio de las hojas, de su edad, y según la forma de obtención del gel y su almacenamiento. Un 99,4% del peso del mucílago de Aloe vera es agua. Más del 60% de sólidos totales son polisacáridos mucilaginosos ligados a azúcares; y los sólidos restantes también pueden contribuir a su actividad terapéutica. Entre los polisacáridos se hallan la manosa, galactosa, arabinosa, análogos a la pectina, entre

otros menores como aloinas las cuales son compuestos fenólicos variados (Avachat et al., 2010, Estupiñan, 2012). Al igual que la tara, estudios han demostrado que la manosa es el carbohidrato más importante en la composición del gel de sábila; sin embargo otros estudios han reportado que este azúcar no está presente, y en vez hay más pectinósidos. Las diferencias se deben tal vez a las diferencias geográficas en donde la planta fue cultivada. Entre otros polisacáridos en ella están los glucomananos y acemananos, el primero un heteropolisacárido de D-manosa y D-glucosa en proporción de 8 a 5 (Vega et al., 2005).

Como un hidrocoloíde, su potencial como recubrimiento protector es alto, sin embargo como tiene un muy grande contenido de agua, su liofilización no sería eficaz y mucho del peso del gel tiende a perderse por evaporación, por tales motivos, se suele mezclar junto con otros agentes para hacer una matriz estructural multicomponente. En el trabajo de Restrepo et al. (2010). Se han elaborado recubrimientos comestibles en base a sábila y cera de carnauba, haciendo una emulsión multicomponente, con el fin de recubrir fresas de la variedad Camarosa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*), hay cierta sinergia entre los polisacáridos de la sábila al ser aditivados con la cera de carnauba, que es de naturaleza lipídica, y se facilitó para su mezcla el uso de un surfactante no especificado, para poder hacer las mezclas entre ambas fases, y los resultados han dado a lugar una serie de polímeros los cuales empleados como recubrimientos ha logrado la reducción de pérdida de humedad y el índice de respiración, mantuvo las fresas firmes y el color de los frutos sufrió pequeñas alteraciones.

En otros trabajos en los cuales solo se han empleado sábila solamente, se ha extraído el mucílago de sábila madurada el cual no ha recibido tratamiento mayor que su homogenización mecánica, filtrado y pasteurización. Este gel fue acondicionado con ácido ascórbico como aditivo antioxidante, y se usaban este gel para recubrir la cubierta exterior de piñas (*Ananas comosus* (L.)), enteras y con su cáscara; el objetivo de este trabajo fue determinar si había pérdida de peso con el empleo de este recubrimiento, se ha visto que la pérdida no fue mucha, y sin embargo significativa; no se especifica si ha habido alteración en otros parámetros.

Varios ensayos sugieren que la mezcla de mucílago de sábila, en conjunto con otros hidrocoloides con menor porcentaje de agua, como proteínas o polisacáridos o en emulsiones con lípidos como ceras, podría dar lugar a buenos recubrimientos gracias a esa propiedad innata del mucílago de sábila de retener agua. Sin embargo su eficacia como único componente es limitada y tiende a tener problemas con otros factores como su resistencia mecánica y su estabilidad frente al calor (Krochta et al., 1994).

1.5. CANELA (*Cinnamomum verum* J.Presl)

1.5.1. CARACTERÍSTICAS

La canela que se utiliza como producto comercial, proviene de la corteza interna de varios árboles del mismo género *Cinnamomun*, siendo la más común la corteza de *Cinnamomum verum*. De la canela se aprovecha su corteza, estos árboles suelen ser de 10 a 15 metros de alto, de hojas oblongas a 7 a 18cm, de marcado color verde y un distintivo olor *sui generis*, su fruto es una valla de 1cm con una sola semilla, ello se demuestra en la figura 1.10 presentada a continuación. No obstante, la corteza de estos árboles es la explotada comercialmente, Actualmente la mayor producción mundial viene de Sri Lanka, y se cultiva también en Seychelles y Madagascar (Yates, 2002).



FIGURA 1.10. Canela (*Cinnamomum Verum* J.Presl), planta y corteza. (Fuente: Ellvere.com)

1.5.2. PROPIEDADES

El uso común y más tradicional de la canela es su corteza o su producto de esta en polvo como especia, condimento para darle un sabor agradable a las comidas, estos usos están documentados desde la antigüedad desde el medio oriente, hasta la China, para ser luego introducida al mundo occidental por los portugueses en el siglo XVII. Su uso en la cocina está relacionado con otras especies de canela muy emparentadas.

Se han hecho propuestas los cuales postulan que la canela tiene potencial como repelente de insectos, pero no hay estudios que la avalen. Pero está probado que el aceite de hojas de canela es efectiva matando larvas de mosquito, por la capacidad que tienen muchos de sus compuestos en él.

1.5.3. EMPLEO COMO AGENTE ANTIMICROBIANO

La capacidad antimicrobiana del aceite esencial de canela se debe a un compuesto llamado aldehído cinámico, en el aceite esencial están también otros compuestos los cuales le dan su aroma característico. El componente mayoritario es el aldehído cinámico, así se muestra su estructura molecular en la figura 1.11 presentada a continuación; también el eugenol y el alcohol cinámico. Con menor proporción se hallan el ácido trans-cinámico, el aldehído hidroxicinámico, el aldehído o-metoxicinámico, acetato cinámico, terpenos como el linalol, diterpeno), taninos, y mucílago de canela, proantocianidinas oligoméricas, glúcidos y trazas de cumarina (Alonso, 2004).

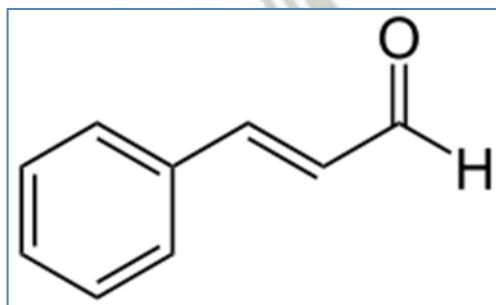


FIGURA 1.11. Estructura del Aldehído Cinámico (Fuente: W. Commons, 2013)

Hay documentados varios trabajos en los cuales se reportan varias aplicaciones medicinales de los compuestos hallados en el aceite esencial de canela, por ejemplo, hay indicios que el empleo del aceite de *Cinnamomum cassia* tuvo un efecto retardante del virus VIH-1 (Premanathan et al., 2000). En cuanto a microorganismos, El cinamaldehído actúa inhibiendo la producción de enzimas intracelulares, tales como amilasas y proteasas, lo que provoca el deterioro de la pared y un alto grado de lisis celular (Romero-Bastida et al., 2011).

Burt (2004) ha encontrado que las condiciones físicas que mejoran la acción de los aceites esenciales son el pH, temperatura y niveles de oxígeno bajos. Por lo anterior, el utilizar este tipo de materiales de empaque para conservar frutos, puede ser viable ya que éstas tienen pH ácidos y se almacenan en lugares refrigerados. Los materiales de empaque con antimicrobianos atraen la atención de la industria de los alimentos y la del empaque, debido en parte al aumento en la demanda del consumidor por productos libres de conservadores en frutas, vegetales y otros alimentos.

En el trabajo de Romero-Bastida, se han empleado, en películas de almidón, un extracto de aceite de canela de 1 a 1.5% p/v las cuales fueron mezcladas con un emulsificante (Tween 20) con el fin de mezclarlas con el almidón de manera más uniforme. Luego en ensayos de inhibición microbiana en placas Petri con medio agar soya tripticasa, frente a cepas de *Listeria innocua* y *Staphylococcus aureus* con el fin de evaluar su potencial inhibidor, y se ha visto que se han desarrollado halos inhibidores los cuales indican que si hubo una acción bactericida, y a bajas concentraciones.

El trabajo efectuado por Perera et al. (2010), Ha hecho evaluación de la actividad antifúngica de varios extractos vegetales, entre ellos, un aceite esencial de canela comercial, para combatir a varios hongos como *Verticillium theobromae*, *Fusarium proliferatum*, *Colletotrichum gloeosporoides* y *Alternaria alternata*. Los resultados muestran inhibición de crecimiento radial al 100% en todas las muestras, inclusive a concentración muy baja en una de ellas. Pero se presume que puede ser un efecto fungistático en vez de fungicida.

1.6. FRESA COMUN (*Fragaria x ananassa* Duchesne)

1.6.1. CARACTERISTICAS

La fresa es un fruto híbrido, la cual es comúnmente llamada fresa de huerto, fresón o frutilla híbrida, por ello su nombre científico es *Fragaria x ananassa*, este fruto es una infrutescencia, ya que la parte carnosa no se deriva del ovario de la planta, sino del hipantio que sostiene los ovarios, haciendo en sí un fruto accesorio y no un fruto en sí, así se demuestra en la figura 1.12 presentada a continuación. Esta fresa es un cruce de la variedad Europea que tuvo un cruce accidental con la variedad norteamericana *Fragaria virginiana* quien le dio el sabor característico y con otra variedad *Fragaria chiloensis*. Entre las variedades más cultivadas en Perú están la fresa Americana o Chandler, otras variedades son la Holandesa, Camarosa, Sweet Charlie, Diamante y Atlas. El fresón del cual crecen las frutillas, son plantas pequeñas de hasta 50cm de estatura y raíces superficiales con vastas hojas trilobuladas y rizoma corto, como ya se mencionó, la fresa es un fruto accesorio o falso fruto, siendo los achenios o coloquialmente llamados “pepitas” los frutos verdaderos de esta planta (MINAM, 2008).

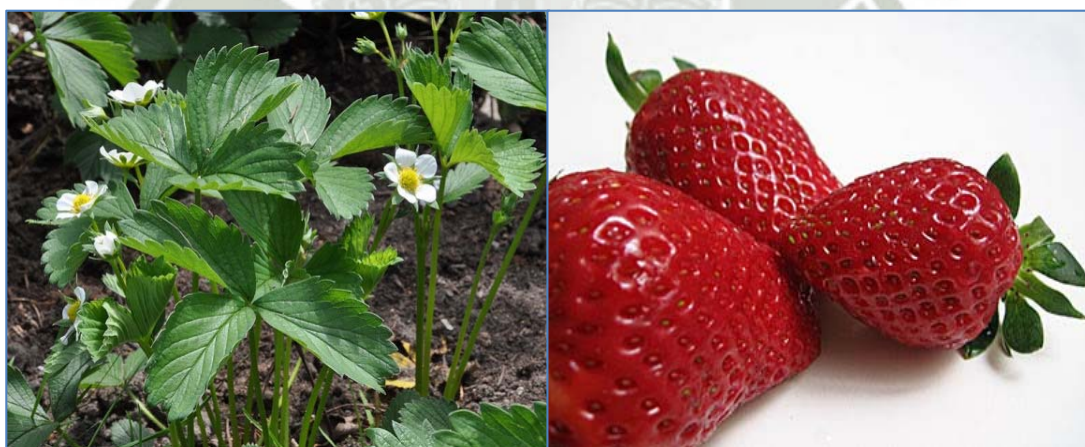


FIGURA 1.12. Fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne), planta y fruto variedad Chandler. (Fuente: lepetalycomo.es.blogspot.com)

1.6.2. PROPIEDADES

La tabla 1.6 siguiente demuestra la composición química de los cultivares de fresa, de las variedades más comunes en la región.

TABLA 1.6. Contenido Alimenticio y Nutricional de la fresa (Fuente: MINAM, 2008)

COMPOSICION QUIMICA DE CULTIVARES	
Valor Energético	40 cal
Proteínas	0.9g
Grasas	0.5g
Carbohidratos	13mg
Calcio	21mg
Fosforo	21mg
Potasio	164mg
Ácido Fólico	0.07mg
Sodio	1mg
Hierro	1mg
Vitamina A	100 U.I.
Vitamina B1	0.03mg
Vitamina B2	0.97mg
Vitamina B5	0.90mg
Vitamina C	90mg

Se sabe que la fresa tiene propiedades medicinales: contiene un compuesto anticancerígeno, es anti-inflamatorio, es astringente y tiene propiedades mineralizantes. Su uso está permitido para las personas con diabetes; las hojas tiernas se pueden consumir como verduras.

Dentro de sus propiedades terapéuticas están: Son laxantes, debido a su contenido en fibra soluble con lo cual facilitan el tránsito intestinal y están especialmente indicadas en casos de estreñimiento. Regulan la función hepática, ayudan a limpiar y depurar nuestro organismo de la acción de las toxinas acumuladas y están aconsejadas en caso de hepatitis. Ayudan a normalizar una presión arterial

alta por su bajo contenido en sodio y grasa; adicionalmente, su elevado contenido en fibra alimentaria impide el depósito de colesterol en las paredes de las arterias, más la acción de los antioxidantes, hace que disminuya el riesgo de aterosclerosis; y además son diuréticas, aumentan la producción de orina y facilitan la eliminación de ácido úrico al alcalinizar la orina, por lo que resultan muy eficaces en casos de artritis y gota. (MINAM, 2008).

Por sus características fisiológicas la fresa es una fruta no climatérica, por lo tanto no madura fuera de la planta, así que deben ser recolectadas cuando están casi completamente maduras y suaves, lo cual reduce considerablemente su vida post-cosecha. Su velocidad de respiración es alta, cerca de 15 mg CO₂/kg.h a 0 °C y se incrementa de 4 a 5 veces conforme se eleva la temperatura a 10 °C, entre 10°C y 20 °C el incremento es de 2 a 3 veces. Siendo sus valores de tasa de respiración entre 50 y 100 mLCO₂/kg.h También se incrementa cuando la fresa se daña mecánicamente (Alcántara, 2009).

La variedad “Chandler”, también conocida como “Americana”, es originaria de California. Tiene muy buena aceptación en el mercado de consumo en fresco en Perú; sus frutos tienen forma cónica alargada de color rojo intenso y de tamaño grande. Es de elevado rendimiento que puede tener producción continua desde agosto hasta fines de enero en condiciones de costa y tiene tolerancia al transporte. Se le llama variedad de día corto a las fresas estacionales, requieren 12 horas de luz y crecer entre 14° y 18°, hay producción entre los meses de abril y mayo (Olivera, 2008).

Según la estación del año, la fresa puede tener distintos patrones de comportamiento, los cuales influyen en su maduración, la maduración se produce en periodos de 3 a 4 meses con cambios marcados:

- En verano, cuando hay abundante sol y calor en el día, la planta crece y se multiplica mediante estolones, son los meses en los cuales hay mayor índice de metabolismo en las fresas.

- En otoño, en donde la duración del día se hace menor, el crecimiento empieza a hacerse más lento hasta detenerse, el fruto y las raíces acumulan reservas de energía, la planta inicia un periodo de latencia.
- En invierno, cuando hace frío y los días son más cortos, la actividad metabólica de la fresa se detiene, y se consume el fruto a cambio de energía para la sustentación de la planta.
- En primavera, cuando la temperatura empieza a subir y los días se hacen más largos, hay un incremento gradual en la actividad metabólica, mayor floración de la planta y brotan nuevos frutos (Alcántara, 2009).

1.6.3. INCONVENIENTES Y PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA FRESA

Las limitaciones que tiene la fresa en el mercado es el hecho que este fruto es altamente perecible, su vida de anaquel es baja, por ello la fresa está sometida a diferentes tipos de protección, se conserva en frío, se plastifica, y sin embargo es altamente susceptible a daño por la acción mecánica del entorno y por el ataque de diversos patógenos, aproximadamente la duración de este fruto expuesto en varios ambientes varía muy de acuerdo con la temperatura del medio y la fresa está íntegra o no, véase la tabla 1.7 siguiente:

TABLA 1.7. Duración de la Fresa en diferentes entornos (Fuente: EatbyDate.com, 2012)

ESTADO DE LA FRESA	EN ANAQUEL	EN REFRIGERADOR	EN CONGELADOR
Fresa Entera	1 a 2 días	5 a 7 días	6 a 8 meses
Fresa Cortada	1 día	1 a 3 días	3 a 4 meses

Fuera del congelador, las fresas tienden a deteriorarse pronto y fácilmente, y estas son muy susceptibles al daño físico en el momento de su manejo, cosecha, recolección y envasado final; además, en los diferentes pasos los cuales sigue durante

las etapas de distribución, envasado, distribución, e incluso como producto final la fresa puede ser invadida por microorganismos.

1.6.3.1. PROBLEMAS DE COMERCIALIZACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Las condiciones del manejo post-cosecha son de considerable importancia ya que tienen influencia sobre los procesos fisiológicos de los productos. Así, los daños mecánicos favorecen las pudriciones, ya que por las heridas pueden entrar los microorganismos patógenos. Las condiciones ambientales como el calor incrementan la velocidad de respiración, por consiguiente el producto pierde agua y se marchita. Una inadecuada sanidad provocará enfermedades. Esto marca la importancia del buen manejo post-cosecha para mantener al producto en buen estado, sin embargo, es importante considerar que el manejo post-cosecha no puede mejorar la calidad del producto cosechado, por lo que la selección del producto en el momento de la recolección o cosecha es de primordial importancia.

En el caso de la fresa, debido a que es un fruto suave y delicado se producen también grandes pérdidas post-cosecha, sin embargo existen pocos estudios relacionados con la estimación de éstas. En algunos de los estudios las causas del daño que se reportan son muy similares (Alcántara, 2009).

El daño mecánico es el mayor problema que tienen los frutos en estas tres etapas de comercialización, almacenamiento y manipulación; El daño mecánico se halla presente a lo largo de todo su recorrido; se define como el daño que incluye a los fenómenos de abrasión, magulladura, pelado, distorsión, cortes, punciones, grietas. Según Görgey (1986) los tipos de daño mecánico que puede sufrir un fruto, en este caso la fresa, son los siguientes:

- **COMPRESIÓN:** Presión sobre un sistema o cuerpo, que disminuye su volumen o modifica su estructura; dando por resultado la modificación de la estructura de las fresas, y dependiendo de la magnitud de la presión, destruirla.

- **ABRASIÓN:** Es la acción o efecto de desgastar por fricción, se puede presentar por la fricción de las fresas entre ellas u otra superficie durante el transporte o durante alguna etapa del manejo. Aquí la piel del fruto se daña o se separa fácilmente del tejido sano. A veces, la abrasión es difícilmente visible después de la cosecha e incluso después del almacenamiento.
- **INCISIONES.** Son las hendiduras o cortes hechas con algún instrumento cortante, provocadas por astillas o recolectores automáticos.
- **MAGULLADURAS:** El daño en el tejido ocurre como resultado de fuerzas externas causando daños físicos, en ciertos casos decoloración y cambio en el sabor. Una magulladura es un golpe, sin herida, y no implica necesariamente la ruptura de la piel.
- **VIBRACIÓN:** La variación periódica del estado de un sistema físico provocada por una perturbación del equilibrio mecánico que a su vez origina una fuerza recuperadora, que tiende a restablecer el equilibrio, es la vibración, si a la fuerza se opone un rozamiento, se provoca un daño mecánico. Este daño es más frecuente en el transporte de la fresa.

La gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura es debido a su muy bajo contenido de sólidos, (10% de materia sólida). En el trabajo de Szczesniak y Smith (1969) efectuado en fresas se vio que este factor las hace vulnerables al daño mecánico, considerando como daño mecánico la lesión causada que altere su estructura, forma o tamaño y que sea ocasionada por factores estrictamente externos. En sucesivos recuentos las alteraciones más comunes son los golpes, magulladuras, raspones y compresión que se da en las fresas; y se dan en todas las etapas: recolección, manipulación, transporte, empaque y comercialización, en especial si las condiciones son aquellas como las de ventas ambulatorias o en mercadillos al por mayor.

Los daños mecánicos son usualmente los primeros, dando paso a las infecciones. Como consecuencia del daño, la piel del producto y sus capas subcutáneas se rompen, lo que aumenta la posibilidad de entrada de bacterias al producto. Además, durante el daño se favorecen actividades fisiológicas de los tejidos del fruto, lo que conlleva a la posibilidad de alteración de su proceso normal de

maduración. Incluso las partes dañadas entran en contacto con el aire lo que hace que la velocidad de oxidación del tejido se incremente, el tejido dañado se torna magro. En el caso de que participen enzimas se tiene un oscurecimiento enzimático, el cual aparece cuando el tejido dañado está en contacto con el aire, lo que ocurre en el oscurecimiento de otros frutos además de la fresa como manzanas, peras, duraznos y cerezas. Otro aspecto importante del daño es que en los tejidos dañados la respiración se hace mayor y hay un mayor consumo de oxígeno (Giörgy, 1986), y durante la respiración, los azúcares y otros productos de almacenamiento de las frutas se consumen y contribuyen a la pérdida del valor alimenticio y de las reservas, consecuentemente la calidad sensorial se ve afectada.

De acuerdo a Nonnecke y Gladon (1998) existen 5 causas que contribuyen al deterioro y a las pérdidas post-cosecha de las fresas, son las siguientes:

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

Para controlar estas causas es necesario, tener un adecuado manejo post-cosecha de las fresas para evitar el daño mecánico, enfriar las fresas después de cosechadas y mantenerlas en refrigeración a una humedad relativa adecuada. De ser posible almacenarlas en atmósferas modificadas (Alcántara, 2009) como aquellas que se logran mediante la aplicación de recubrimientos con biopelículas.

1.6.3.2. PROBLEMAS DE INFECCIONES FUNGICAS Y BACTERIANAS, PLAGAS

El daño mecánico es un precursor de los microorganismos parásitos que pueden invadir la fresa, en especial si el daño dejó hendiduras o heridas expuestas, pero sin embargo, independientemente de que la fresa haya recibido alguna acción mecánica deletérea, la fresa también puede ser infectada por bacterias, virus y hongos los cuales se aprovechan del fruto para proliferar, hay varias clases de microbios los cuales son dañinos para la planta y para el fruto, las bacterias y los virus atacan

generalmente a la planta, a sus raíces, tallos, hojas; y los hongos usualmente toman como blanco la misma fresa, las enfermedades más comunes que atacan a la fresa están detalladas en la siguiente tabla 1.8:

TABLA 1.8. Enfermedades comunes de la Fresa (Fuente: Vergara, 2008; Orellán, 2010)

ENFERMEDADES	DAÑO
Mancha de la hoja <i>Mycosphaerella fragariae</i>	Provoca la presencia de manchas pequeñas redondas de 2 a 3 mm y de color rojizo a púrpura pudiendo causar destrucción de hojas.
Podredumbre gris <i>Botrytis cinerea</i>	Los frutos en contacto con el suelo son infectados, mientras que frutos maduros por efecto de la enfermedad se secan y quedan momificados.
Oidium <i>Spheroteca macularis</i>	El borde de las hojas se enrolla hacia arriba del borde, provocan deformación de frutos.
Podredumbre negra de la raíz <i>Phitoptora sp, Rizoctonia sp</i>	Las raíces presentan manchas o lesiones ovaladas de color marrón.
Infección bacteriana <i>Xanthomas fragariae</i>	Ataca principalmente a la hoja, dando lugar a manchas aceitosas que se van uniendo y progresando a zonas necróticas. Se ve favorecida por temperaturas diurnas de alrededor de 20 °C y elevada humedad ambiental.
Hongos del suelo	Son varios los hongos que afectan a la planta desde sus raíces hasta los tallos y frutos, entre éstos se tiene <i>Fusarium sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Mucor sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> , <i>Alternaria sp.</i> Y <i>Penicillium sp.</i>

Entre las tantas enfermedades que puede recibir la planta, nos hemos de enfocar en los parásitos los cuales atacan el fruto, la fresa es muy susceptible al ataque de varios hongos, como los siguientes:

- **PUTRICIÓN POR *Botrytis cinerea*:** Posiblemente el principal hongo que causa la pudrición de la fruta es este, *Botrytis cinerea*, que también se conoce como el moho gris, existe en todas partes del medio ambiente Cuando las esporas caen en las flores de la fresa, pueden infectarlas si

están expuestas a agua libre y temperaturas frescas Las infecciones puedan causar que las flores se pudran, de paso también así esparcen la infección a la planta (Alcántara, 2009). Al principio, las infecciones aparecen como lesiones pequeñas de color café debajo del cáliz, luego de las lesiones emergen esporas un día después de que reanudan su actividad. El tamaño de las lesiones aumenta rápidamente Las frutas verdes tanto como las rojas son susceptibles, pero las frutas más maduras se pudren más rápidamente, las frutas infectadas mantienen su forma original y producen una capa velluda de color café grisáceo de micelio y esporas, inicialmente las partes podridas están blandas e infladas, poniéndose correosas y secas por falta de bastante humedad; tal como se muestra en la figura 1.13 presentada a continuación. Las frutas verdes tienden a ser más resistentes que las frutas más blandas que tienen más azúcar (Orellán, 2010).



FIGURA 1.13. Fresa infectada por *Botrytis Cinerea*. (Fuente: Steven Koike, 2000)

- PUTRICIÓN POR *Rhizopus spp.*: Luego de la infección por *Botrytis Cinerea*, la descomposición por *Rhizopus* es la más frecuente (Alcántara, 2009), las infecciones iniciales de la pudrición por *Rhizopus* aparecen como manchas blanquecinas llenas de agua en la fruta. Estas lesiones se agrandan rápidamente, y sueltan enzimas que dejan la fruta plumosa, de color marrón y goteando agua. Si la humedad es alta, la fruta rápidamente

se cubre con una capa de micelio blanco y esporangióforos, los cuales producen esporangios redondos negros, y en cada uno de ellos hay miles de esporas (Orellán, 2010).

- PUTRICIÓN POR *Mucor spp.*: Al igual que el hongo que causa la pudrición de la fruta por *Rhizopus*, Este hongo invadiría la fruta a través de la herida más leve. El hongo secreta una enzima que produce rápidamente una pudrición aguada que se sale de la fruta. Bajo condiciones de mucha humedad, la fruta se cubre con una capa de duro micelio fibroso y de estructuras redondas de color negro que producen esporas (Orellán, 2010).

Aunque los síntomas de *Rhizopus* y *Mucor*, presentados en la figura 1.14; sean parecidos entre sí, una examinación con lupa o microscopio puede ayudar a discriminar clases. Ver estructuras esféricas y menudas de color negro a marrón en los conidios de cada filamento del hongo es una forma. En el caso de *Rhizopus*, los esporangios parecen secos mientras en el caso de *Mucor*, los esporangios parecen mojados y pegajosos por tener un líquido viscoso. Es útil ver también la orientación de los esporangios en el crecimiento fungoso, *Mucor* tendrá normalmente una orientación de filas de filamentos paralelas mientras *Rhizopus* tendrá una orientación de esporangios sin ningún arreglo y al azar.



FIGURA 1.14. Fresa infectada por *Rhizopus spp.* (Izquierda) y *Mucor spp.* (Derecha) (Fuente: Steven Koike, 2000)

Entre las plagas las cuales afectan a la planta de la fresa en conjunto, están virus, hongos y bacterias, las cuales causan varias enfermedades como la Antracnosis, causada por el hongo parásito *Colletotrichum acutatum*, la cual causa manchas oscuras en la fresa color café oscuro o negro en los pecíolos y los estolones (guías). La Pudrición Correosa causada por la *Phytophthora cactorum* hace que las fresas infectadas manifiestan áreas enfermas que pueden variar de color café a matices de morado, se pudre toda la fruta y en cualquier tiempo (Alcántara, 2009).

Las infecciones por virus y bacterias no afectan al fruto sino a la planta en sí, la Palidosis es causada por un conjunto de virus transmitidos por la mosca blanca, strawberry pallidosis associated virus (SPAV) o beet pseudo yellow virus (BPYV), sus síntomas de esta enfermedad viral son similares a los de las deficiencias nutritivas y son difíciles de diagnosticar y confirmar en el campo, hace que las hojas de las fresas se tornen de color morado a rojo y hará que plantas afectadas a menudo quedan atrofiadas temprano en su desarrollo (Orellán, 2010).

1.6.4. ANTECEDENTES DE ENSAYOS Y FACTIBILIDAD DEL USO DE HIDROCOLOIDES EN FRESAS

Ya con anterioridad se han reportado trabajos de biopolímeros en fresas, ya sea para el estudio del efecto del biopolímero en la fresa, ver las repercusiones en el fruto; o ver el comportamiento de cierto componente o aditivo que es agregado al recubrimiento comestible. Restrepo et al. (2010) hizo su objetivo principal aumentar la vida útil de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de dos recubrimientos comestibles desarrollados a partir del gel mucilaginoso de hojas de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba, en este caso se ha ensayado la efectividad del biopolímero para ver si lograba un beneficio, en este caso extender la vida útil de la fresa. Entre los resultados obtenidos están el alargamiento de la vida útil de las fresas, de variedad Camarosa, hasta en 10 días, además se logró la pérdida de humedad, la reducción de la tasa de respiración y se ha conservado la firmeza y el color de esta.

Un trabajo de tesis doctoral hecho por Moncayo y colaboradores (2011), ha empleado un material nuevo en base a polisacáridos, los dextranos, a esta matriz se le han adicionado plastificantes, lípidos y aceite esencial de canela; lo que se buscaba en este trabajo era elaborar biopelículas, emplearlas como coberturas y evaluar sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas y el deterioro fúngico cuando estas eran puestas en anaquel, los tratamientos indicaron que los biopolímeros hechos con dextranos no presentan cambios significativos para las características fisicoquímicas de las fresas, salvo una reducción en la pérdida de peso y una reducción del deterioro por microbios no significativa, sin embargo no se han hecho ensayos organolépticos, en este trabajo se emplearon fresas *Fragaria x ananassa* L. c.v Albión.

En el trabajo de Atress et al. (2010), se han hecho biopolímeros de proteína de gluten de soya y trigo y fueron recubiertas fresas de la variedad Festival, y en estos se han probado diferentes cantidades de Timol y Cloruro de Calcio, esto para mejorar la calidad de la fresa en función a ver la pérdida de peso en ellas. Teniendo como variable las concentraciones de ambos se observó experimentalmente que el contenido de ácido ascórbico, sólidos en suspensión totales (SST) y azúcares se mantenían; y que el conteo de colonias de hongos y levaduras. Los resultados arrojaron que el Timol dio los mejores tratamientos.

Por otra parte, el trabajo de Ribeiro et al. (2007) Le dio un enfoque diferente a los ensayos en recubrimientos comestibles, a la vez de determinar sus propiedades con fines industriales, se han evaluado la efectividad de estos recubrimientos en laboratorio y en campo también, a los recubrimientos hechos en base a almidón, carragenano y quitosano, aditivados con cloruro de calcio, glicerol, sorbitol y Tween 80, para evaluar tensión superficial, fuerza de punción y permeabilidad de oxígeno. Los parámetros evaluados fueron cambio de color, firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles y crecimiento microbiano en 6 días en fresas de la variedad Camarosa.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

- MATERIAL VEGETAL
 - o Semillas de Tara (*Caesapinia spinosa* Kuntze) 3 kg (de semillas solamente), Fuente: Mercado Feria del Altiplano, Arequipa, Perú.
 - o Hojas de Sábila (*Aloe barbadensis* Miller), 10 kg (de mucílago aprox.), Fuente: Mercado San Camilo, Arequipa, Perú.
 - o Fresas (*Fragaria x annanasa* Duchesne), 4 kg, Fuente: Supermercados Tottus, Arequipa, Perú.
- INSUMOS DE INVESTIGACION
 - o Aceite de Canela C. 04306 MONTANA S.A., Perú.
 - o Miel “Bionaturista”, Perú
 - o Colapez Fleishmann, Perú
 - o Aceite de Oliva Montefiori Extra Virgen, Perú
 - o Plástico Adherente o Plastic Wrap “U-Thil Film”, CORSUN Perú
 - o Phytigel, Sigma Aldrich USA.
- INSTRUMENTAL
 - o Pipetas de 10, 5 y 1 mL TEKK KIMAX U.S.A.
 - o Bureta de 25mL NORMAX Portugal
 - o Micro pipeta de 1000uL y 50uL Transferpette
 - o Vasos precipitados de 1L, 500 mL, 250 mL y 100mL SCHOTT DURAN Alemania
 - o Probetas de 100 y 50mL NORMAX Portugal
 - o Balón de 500mL SCHOTT DURAN Alemania
 - o Baguetas
 - o Matraces de 250 y 100mL BOECO Alemania

- o Cacerola metálica RECORD Perú
- o Bandejas de Pyrex
- o Placas Petri de vidrio 90x15mm NACIONAL Perú
- o Placas Petri plásticas 55x10mm NORMAX Portugal
- o Placas Petri plásticas 90x15mm AGB Argentina
- o Tubos Falcon de 15mL
- o Asa bacteriológica circular y en punta
- o Tubos de ensayo de 10 y 30mL KIMAX U.S.A.
- o Cuchillos y navajas
- o Desecador de vidrio
- o Pera de decantación de 500mL FORTUNA Alemania
- o Parafilm “M” PECHINEY U.S.A.
- o Gasa Absorbente Aséptica FAVETEX Perú
- o Picnómetro de 50mL Marienfeld Alemania
- o Tejido de Nylon
- REACTIVOS
 - o Cloruro de Sodio (NaCl) (s) q.p., LERTHE, Alemania
 - o Nitrato de Potasio (KNO₃) (s) q.p. J.T. BAKER U.S.A.
 - o Hidroxido de Sodio (NaOH) (0.1N) q.p. BAKER U.S.A.
 - o Hidroxido de Bario (BaOH) (0.1N) q.p.
 - o Fenoltaleína
 - o Phytigel BD DIFCO U.S.A.
 - o Agar Saboraud 4% BD DIFCO U.S.A.
 - o Caldo Saboraud 4% DB DIFCO U.S.A.
 - o Glicerol USP 99.5% KIC CHEMICALS Malasia
 - o Etanol Rectificado 96% v/v NACIONAL Perú
 - o Tween 80
 - o NaClO 4.9% (lejía comercial) CLOROX Perú

- EQUIPOS

- o Estufa Electrica JP SELECTA S.A., modelo CONTERM, Barcelona, España.
- o Baño Termostático JP SELECTA, modelo PRECISTERM, Barcelona, España.
- o pH-metro HANNA INSTRUMENTS, modelo pH213, microprocessor phmeter % potenciometer, Woonsocket, RI, U.S.A.
- o Cocina Eléctrica MAGEFESA, modelo MGF 8022, Cantabria, España.
- o Termo higrómetro - Reloj Digital BOECO, modelo SH-119, Hamburgo, Alemania.
- o Balanza Portátil OHAUS SCOUT PRO 200g, modelo SP202, Parsippany, NJ, U.S.A.
- o Cámara Ambiental KARL KOLB GMBH NEUBERGER, modelo Freubaril, Frankfurt, Alemania.
- o Autoclave HW KESSEL, modelo 290104, Lima, Perú.
- o Bomba de Vacío VACUUBRAND GMBH, modelo MER-29466723, Wertheim, Alemania.
- o Brixometro ATAGO hand held refractometer, modelo N-1 alpha, Tokio, Japón.
- o Refrigerador COLDEX, modelo CA-29 blanco, Lima, Perú.
- o Licuadora OSTER, modelo 250-022-053, México D.F., México.
- o Microscopio CARL ZEISS, modelo Primo Star, Gottingen, Alemania.
- o Estereoscopio BELTEC SCIENTIFIC, modelo ST-400
- o Molino Coloidal
- o Balanza Analítica OHAUS, modelo Adventurer PRO ®, Parsippany, NJ, U.S.A.
- o Molino de Granos, Landers y Cia S.A. modelo 10.96, Medellín, Colombia.

- o Agitador Magnético (Hot Plate) P-SELECTA, modelo Agimatic-ED, Barcelona, España.
- o Centrifuga I.E.C. Centra, modelo CL2, New Jersey, U.S.A.
- o Dinamómetros
- o Reómetro BROOKFIELD, modelo DV-III Ultra, Middlesboro, U.S.A.
- o Microscopio Electrónico de Barrido PHILIPS, modelo SEM XL 20, Ámsterdam, Países Bajos.
- SOFTWARE
 - o Microsoft Office 2010, Microsoft Corporation, USA.
 - o Mathlab r.7.0, Mathworks Inc., USA.

Con el fin de detallar la metodología de este trabajo de investigación; se presentan a continuación unos flujogramas, los cuales enumeran los procedimientos efectuados en la obtención de hidrocoloides y finalmente biopolímeros. Al final de cada sección se añade un flujograma de los pasos efectuados para cada proceso.

2.2. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDES

2.2.1. OBTENCIÓN Y ADECUACIÓN DE MUCÍLAGOS

El primer paso en la fabricación de biopolímero con el fin de convertirlo en un recubrimiento protector fue la extracción de la materia prima, para lograr esto, se han ensayado distintos tipos de extracción para ambas plantas, de los mucílagos obtenidos de la sábila y de la tara.

2.2.1.1. OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO DE HOJAS DE SÁBILA

La extracción del mucílago de las hojas de sábila se hizo en base a la técnica utilizada y explicada en el trabajo de Restrepo et al. (2010), con algunas modificaciones. El procedimiento se inició con la obtención de las hojas de sábila del mercado de San Camilo – Arequipa, lo más frescas posible, éstas fueron dejadas en posición vertical durante la noche en agua con el fin de extraer la aloína que contiene y la cual se encontró en el anverso de la piel de sus hojas, luego en el laboratorio se

las ha medido y pesado, aproximadamente las hojas medían de 30 a 50cm, y un aproximado de 4 hojas promedio pesaban 2 kg, luego han sido desinfectadas con NaClO 2.5% v/v, posteriormente se procedió a pelar las hojas y trozar en pedacitos al mucílago, de allí para obtener el hidrocoloíde se han seguido las siguientes metodologías:

- **HOMOGENIZACIÓN Y FILTRADO AL VACÍO:** En primer lugar se licuó los trozos obtenidos en el paso anterior hasta la completa destrucción del tejido vegetal, posteriormente para eliminar las impurezas se utilizó la técnica del filtrado al vacío, durante un largo tiempo y así se obtuvo finalmente el hidrocoloíde sin impurezas.
- **HOMOGENIZACIÓN POR LICUADORA MÁS DECANTACIÓN:** Se utilizó el mismo principio de homogeneización que el método anterior y posteriormente fueron separadas sus fases en una pera de decantación para obtener la fracción líquida y descartar la espuma, y así se obtuvo hidrocoloíde de sábila.
- **HOMOGENIZACIÓN POR MOLINO COLOIDAL:** Con este método se vertió directamente el mucílago extraído de las hojas de sábila al molino, obteniendo de esta forma, el hidrocoloíde respectivo,

Los dos últimos métodos están presentados en la siguiente figura 2.1.

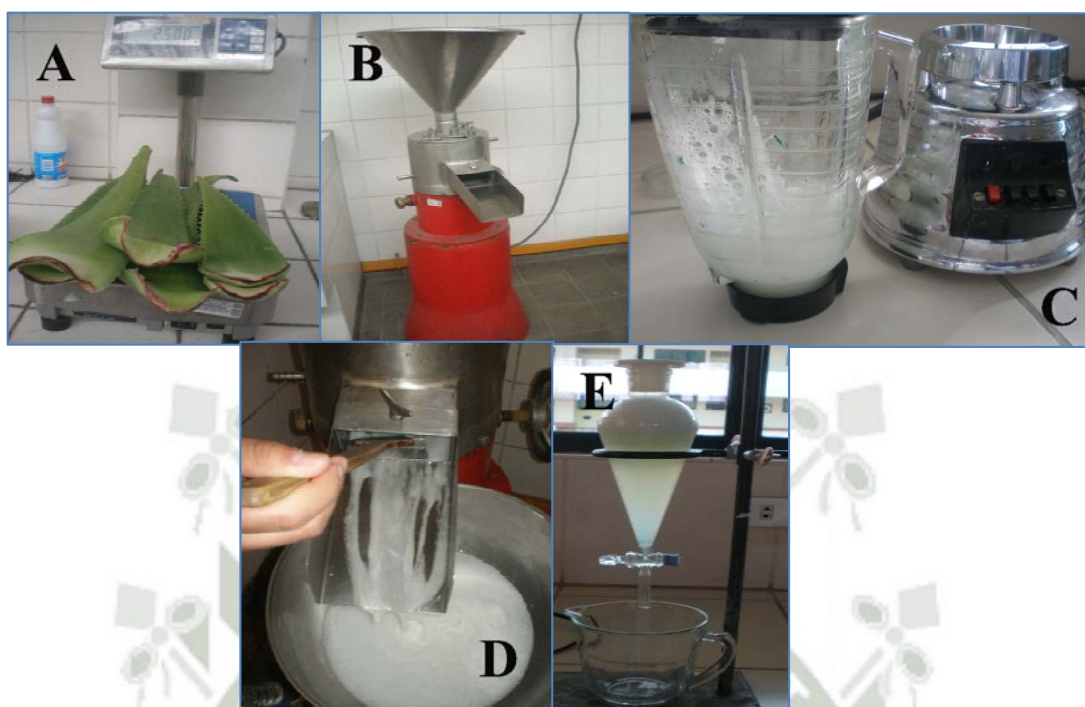


FIGURA 2.1. Extracción de mucílago de sábila. A) Pesado de Hojas de Sábila, B) Molino Coloidal empleado en la extracción, C) Homogenización mecánica de mucílago, D) Obtención de mucílago por molienda coloidal, E) Decantación de mucílago resultante.

2.2.1.2. OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO DE SEMILLAS DE TARA

Para la extracción del mucílago de las semillas de tara se han ensayado diferentes métodos resumidos en dos tipos, los cuales derivan del método principal el cual empleó Parente – Ribeiro (2010), y así se han hecho ciertas modificaciones denominándose: Vía húmeda y vía seca.

Para el desarrollo de la extracción del mucílago de las semillas de tara, en primer lugar se hizo el escrutinio de sus vainas, para luego extraer las semillas de éstas, de las cuales, se procedió a hacer un segundo escrutinio pero de las semillas y finalmente pesarlas. Se contabilizaron y pesaron un total de doscientos cincuenta semillas, las cuales pasaron por diferentes métodos extractivos presentados a continuación:

- VÍA SECA: La extracción por vía seca tiene dos variantes:
 - La primera variante de este método consistió en aplicar calor a las semillas, con el fin de hacer que la cáscara se abra o se resquebraje y deshaga por el calor, liberando todo el contenido dentro de éste usando temperaturas de 60 y 70°C durante 6 horas.
 - La extracción por este otro método involucró primero la tritución de las semillas con un molino de piedra, una vez pulverizadas, se hizo un tamizado con un filtro de tejido nylon para eliminar los restos de cáscara y germen de la semilla.
- VÍA HÚMEDA: De este protocolo se han ensayado también 2 variantes:
 - Con las semillas trituradas, fueron separadas en diferentes fases liquidas, de agua y de etanol 96% a fin de que en alguna de las fases se depositara la goma y esta se extrajera por decantación. se hizo también hervir en un volumen de agua de 1:10 p/p, sucesivas veces con el fin de extraer la mayor parte de la goma en él.
 - El otro método ensayado fue hacer hervir las semillas que han sido puestas en una cacerola metálica con agua hasta cubrir las semillas y se les calentó a fuego lento por 15 minutos, luego de hacerlas hervir un poco, se eliminó el agua cargada con taninos, de color amarillo, luego de reponer agua nueva, este procedimiento se ha repetido 5 veces.

Finalmente con la goma en crudo obtenida, se le hizo “coagular” o eliminar impurezas que pudieran pertenecer al germen (precipitado) y de taninos (disueltos), de la goma (sobrenadante) con etanol al 96% v/v en un hot-plate a 70°C por 15 minutos o en una cocina eléctrica hasta llegar a la ebullición del etanol por 10 minutos. Después de hacer la recolección de la goma tratada con etanol, ésta fue lavada sucesivas veces con el fin de eliminar etanol residual y re-suspendida en un volumen de agua de 10 veces el peso inicial obtenido y homogenizada en una licuadora, luego de 12 horas o toda una noche, y posteriormente para eliminar la mayoría de impurezas y clarificarla, se hizo sedimentar por centrifugación a 6000rpm por 6 minutos, después de la recolección se obtuvo el hidrocoloide de tara. Los materiales y pasos seguidos para este fin se pueden apreciar en las figuras 2.2., 2.3. Y 2.4. Así mismo se presenta la figura 2.5 donde se

muestra un flujograma, en él se esquematiza las diferentes metodologías, utilizadas en dicho procedimiento, para la obtención de los hidrocoloides de ambas fuentes vegetales.



FIGURA 2.2. Extracción de mucílago de tara por vía seca (de izquierda a derecha): Vainas de Tara, Pesado de las semillas, Lisis de las semillas por trituración con molino.



FIGURA 2.3. Extracción de mucílago de tara por vía húmeda (de izquierda a derecha): 250 semillas de tara agrupadas, Cocción de las semillas, Extracción mecánica de las semillas.



FIGURA 2.4. Proceso de purificación del mucílago de semillas de tara (de izquierda a derecha), purificación utilizando etanol 96% y centrifugación.

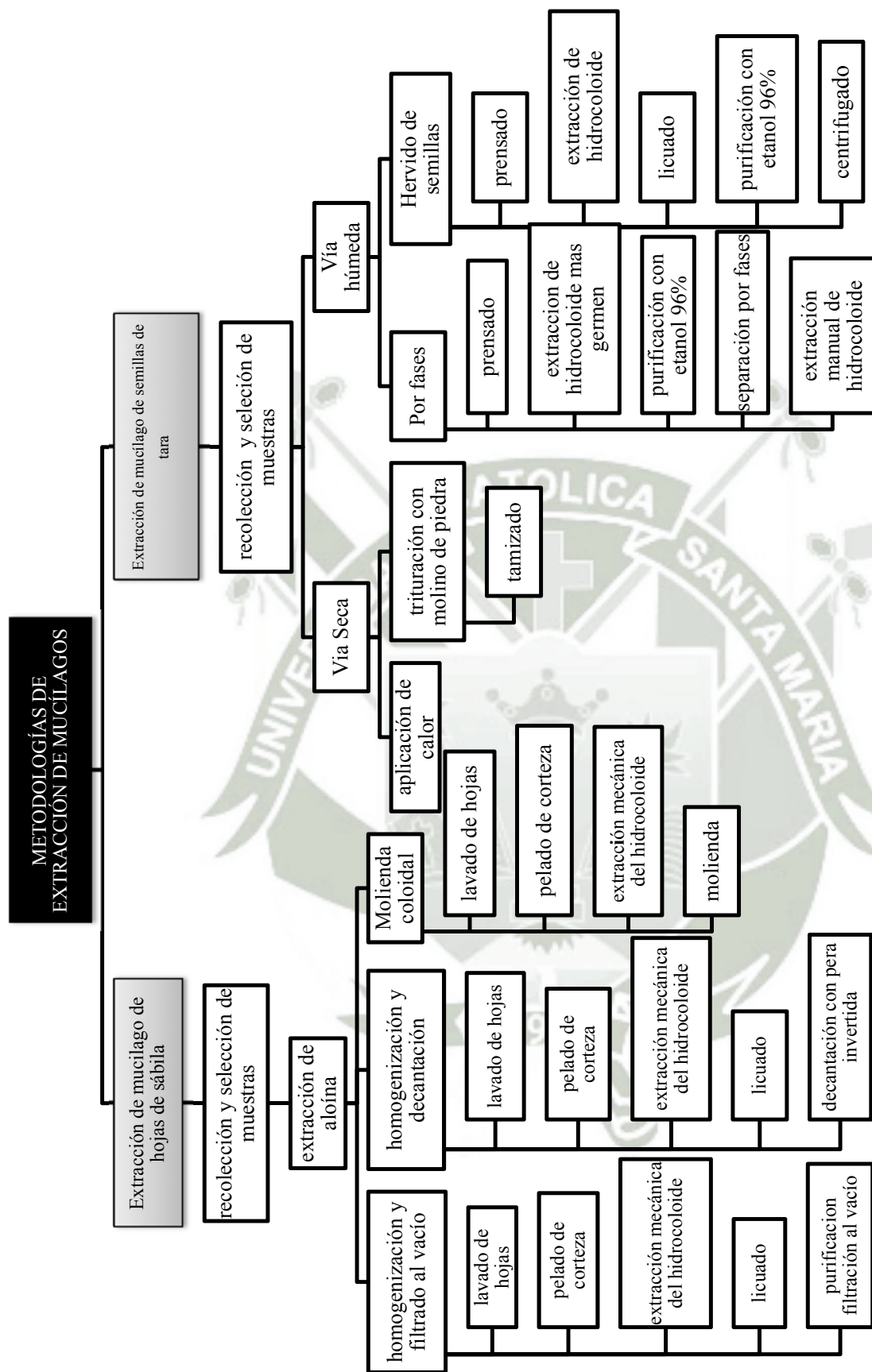


FIGURA 2.5. Flujoograma de diferentes metodologías de extracción de hidrocoloides de sábila y tara

2.3. EVALUACIÓN DE CONCENTRACION ÓPTIMA Y AGREGADO DE ADITIVOS

Una vez obtenida la materia prima para los recubrimientos, los siguientes ensayos se basaron en preparar distintas mezclas de los hidrocoloides junto con los diferentes espesantes y plastificantes hasta que se logró una concentración ideal que obtuvo como resultado un recubrimiento adecuado. Esta es la primera parte más importante de este trabajo ya que de su éxito dependieron las pruebas siguientes.

2.3.1. PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN ADECUADA DE HIDROCOLOIDE

De las dos materias primas obtenidas de sábila y tara, se han puesto a secar en placas Petri, para evaluar tiempos y temperaturas de secado en base a un volumen de 30mL de hidrocoloíde por placa; para ambos hidrocoloides se han ensayado temperaturas de secado de 40°, 50° y 60°C hasta el momento en que pierdan la mayor humedad y puedan despegarse como láminas de las placas Petri, para el hidrocoloíde de tara se ha ensayado diferentes disoluciones en agua v/v de 25%, 50% y 75%, han sido mezcladas y también puestas a secar a la estufa.

2.3.2. ADICIÓN DE PLASTIFICANTES, ESPESANTES Y AGENTES ANTIFÚNGICOS

Una vez evaluada las diferentes concentraciones de las mezclas anteriores, se han agregado, plastificantes y espesantes respectivos a las soluciones formadoras con micro pipetas de 1000uL y 100uL, a continuación en la figura 2.6 se muestra el agregado de un espesante.

- Para el glicerol se han ensayado cuatro concentraciones de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, tanto para el caso de sábila así como de tara.

- Para el aceite de oliva se han determinado diferentes concentraciones de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, tanto para el caso de sábila así como de tara.
- Para el aceite de canela se han determinado cuatro concentraciones de 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1.0%, tanto para el caso de sábila así como de tara.
- Con el fin de mezclar el aceite de canela o el aceite de oliva con el medio, se usó el agente surfactante Tween 80 en base a la cantidad de aceite de canela vertido en la mezcla ensayando el 100%, 75%, 50% y 25% del volumen adicionado en base al aceite.

Para mejorar más aun la matriz estructural de los hidrocoloides con espesantes y agentes gelificantes, se han ensayado además estos 4 materiales:

- AGAR-AGAR: El protocolo empleado para la confección de un recubrimiento de agar es el mismo para la creación de placas de cultivo pero diluidas con hidrocoloíde de sábila y tara, de los cuales se han usado soluciones de agar con las siguientes diluciones: 5mL, 10mL, 20mL y 30mL en 50mL de solvente (goma de tara y/o hidrocoloíde de sábila) luego estas soluciones han sido puestas a endurecer al refrigerador.
- MIEL DE ABEJA: Para espesar las muestras y aumentar el contenido de azúcar en estas para su posterior cristalización se ha añadido con pipeta diferentes volúmenes de miel: 1mL, 2.5mL, 5mL y 10mL en 50mL de solvente (hidrocoloíde de tara y sábila) luego estas soluciones han sido puestas a secar a la estufa.
- PTHYTAGEL: Se empleó phytagel como agente gelificante, este requiere bajas concentraciones y se ensayaron 5mL, 10mL, 20mL y 30mL vertidos a las soluciones de tara y sábila (50mL cada una), pero a diferencia de las muestras anteriores se solidificaron a bajas temperaturas en un refrigerador.
- COLAPEZ: Similar a la gelatina, la proteína del colapez puede crear una matriz sólida, se han vertido en 50mL de solución de tara y sábila los siguientes volúmenes: 5mL, 10mL, 25mL y 50mL. Luego han sido puestos a solidificar en el refrigerador.

- Del mismo modo que se utilizaron estos materiales, también se ha empleado agua como plastificante, ya que el agua también tiene la capacidad de hacer la solución más soluble, se ha utilizado una concentración en porcentaje peso-peso de 30%, 40%, 50% y 60% del volumen de hidrocoloide empleado y luego se hizo secar en la estufa.

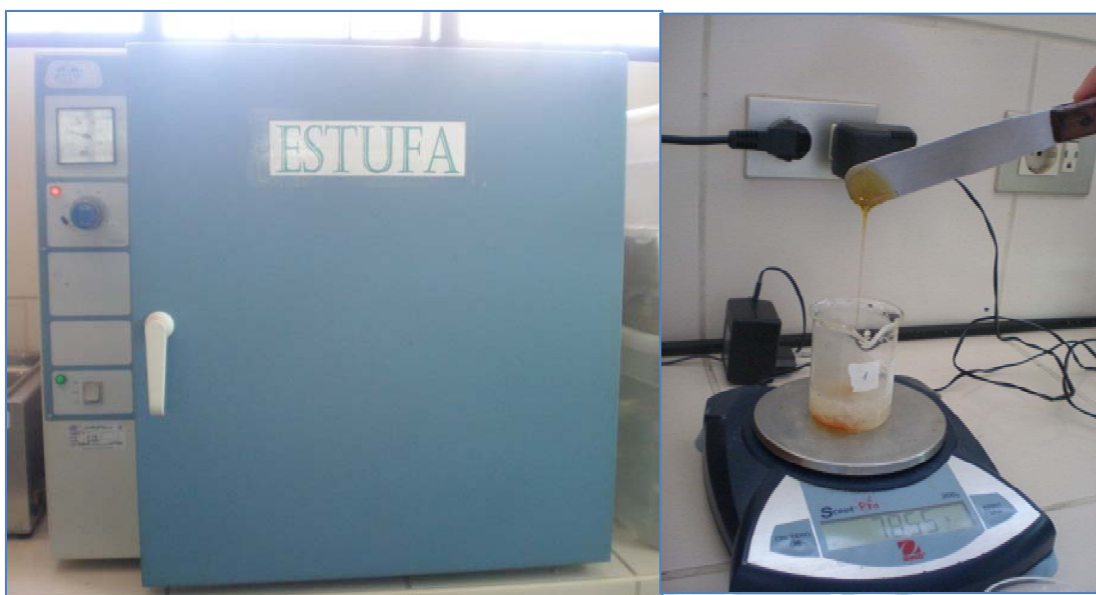


FIGURA 2.6. Preparación de biopelícula y agregado de aditivos (de izquierda a derecha): Estufa empleada, Agregado de aditivos espesante (miel).

En el siguiente flujograma (Figura 2.7), se pueden apreciar los pasos efectuados para la evaluación de adición de espesantes y plastificantes.

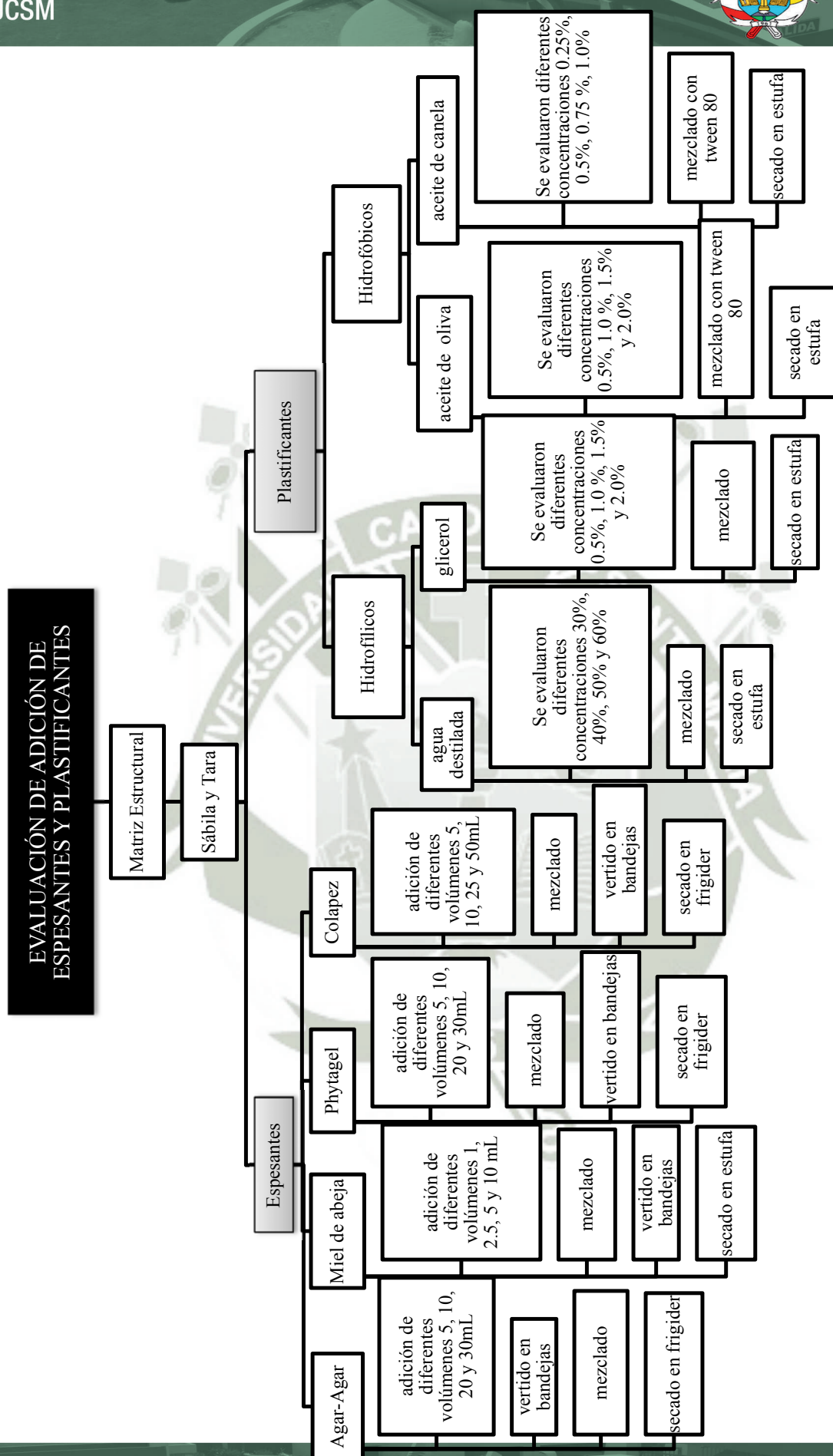


FIGURA 2.7. Flujoograma de evaluación de adición de espesantes y plastificantes.

2.4. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECUBRIMIENTO DE FRESAS

2.4.1. PROCESOS DE SELECCIÓN Y LAVADO, ESCRUTINIO DE FRESAS Y PREPARACIÓN DE FRUTOS

En primer lugar las fresas seleccionadas para las pruebas con los recubrimientos fueron provistas por supermercados locales, solo se han conseguido fresas de la misma variedad y de la mayor uniformidad posible en las cadenas de Hipermercados Tottus S.A., teniendo en cuenta los números de lote para rastrear el tiempo que puedan tener las fresas desde su cosecha hasta su venta en el mercado, se consiguieron las fresas, estas han pasado por una revisión visual inicial por parte de los examinadores, y se han contado las fresas más lozanas, con los tamaños y formas más similares y uniformes; descartándose aquellas con magulladuras mecánicas, decoloraciones, indicios de putrición, infección o defectos genéticos.

Luego a las fresas seleccionadas se les hizo pasar por un procedimiento de desinfección, así se puede observar en la figura 2.8; primero recibieron un enjuague con agua potable a la par que se les retiraba la coronilla de hojas, luego han sido sumergidas en etanol al 70% por 30 segundos, se les enjuagó con agua destilada profusamente, y luego se les sumergió en NaClO 2.5% por 2 minutos., finalmente han sido enjuagadas con agua destilada de nuevo, obteniendo el material vegetal listo para los procesos de recubrimiento.

2.4.2. PROCESOS DE RECUBRIMIENTO DE FRUTOS CON HIDROCOLOIDES

Esta es la segunda parte más crucial del trabajo de tesis, y al no haber métodos bien definidos de recubrimiento con hidrocoloíde de tara, se han ensayado diferentes técnicas de recubrimientos, tal como se muestra en la figura 2.9:

- **INMERSIÓN INDIVIDUAL:** Un primer método consistió en hacer inmersiones de los frutos en las soluciones formadoras, en cuatro beakers se



FIGURA 2.8. Fresas empleadas en el procedimiento de recubrimiento, luego de su desinfección.

repartieron cada una de ellas, más sus aditivos y finalmente las mezclas óptimas, luego de su inmersión se ponían a secar en la estufa a 60°C.

- **INMERSIÓN GRUPAL:** En un segundo intento, se han colocado en fuentes planas de pírex una gran cantidad de las soluciones y se sumergieron las fresas en ellas, y han sido directamente puestas a la estufa a 100°C por 1 hora.
- **VERTIDO EN CELDAS:** Un tercer método probado fueron confeccionar por separado bandejas metálicas separadas entre sí en las cuales entrasen una fresa por celda, y en estas verter las soluciones, a esta bandeja metálica se le añadieron las fresas y en cada celda se han vertido las soluciones, luego de las cuales fueron puestas a la estufa, a 60°C por 1 hora también.
- **METODO ROTATIVO:** Un cuarto método fue elaborado, haciendo atravesar las fresas en varillas metálicas, y puestas en la bandeja han sido “bañadas” con las soluciones formadoras y luego se usaron chorros de aire caliente de secadoras de convección de aire en ellas o calor continuo, a la par que estas fresas se hacían girar alrededor de sus ejes cada 15 minutos o continuamente si es fuera de la estufa (60°C). Se les ha dejado a las fresas secando la cubierta

en grupos de 4 encima de una bandeja metálica, o individualmente sobre un soporte de poliestireno (tecnopor).

- **CASTING MANUAL:** Otro método empleado fue en hacer los recubrimientos sólidos por separado haciéndolos secar por calor en la estufa (60°C) durante 48 horas y luego con la lámina de biopolímero obtenida se revestían los frutos, este paso consistió en envolver los frutos íntegramente o por partes, forrar el fruto con la biopelícula, o cortar está en retazos, tiras y pedazos con los cuales se les adhería a la superficie del fruto.

Un problema que se pudo apreciar en el uso de porciones de biopolímero cortadas para hacer los recubrimientos protectores fueron la aparición de espacios sin cubrir y los espacios sobre cubiertos, con el fin de eliminar ese problema se ha visto como opción recubrir a la fresa íntegramente por lotes, haciendo “tuberías” de biopolímero, en medio las fresas y selladas en cada borde, en grupos de tres o a veces cortadas individualmente, asemejando la envoltura de un caramelo.



FIGURA 2.9. Métodos empleados en el recubrimiento de las fresas (de derecha a izquierda): Inmersión en bandeja, Uso de celdas y varillas.

En el siguiente flujograma (Figura 2.10), están detallados los procedimientos los cuales se hicieron para la preparación de las fresas, el cual engloba su selección y escrutinio y luego también de la misma manera los múltiples métodos de recubrimiento ensayados en las fresas.

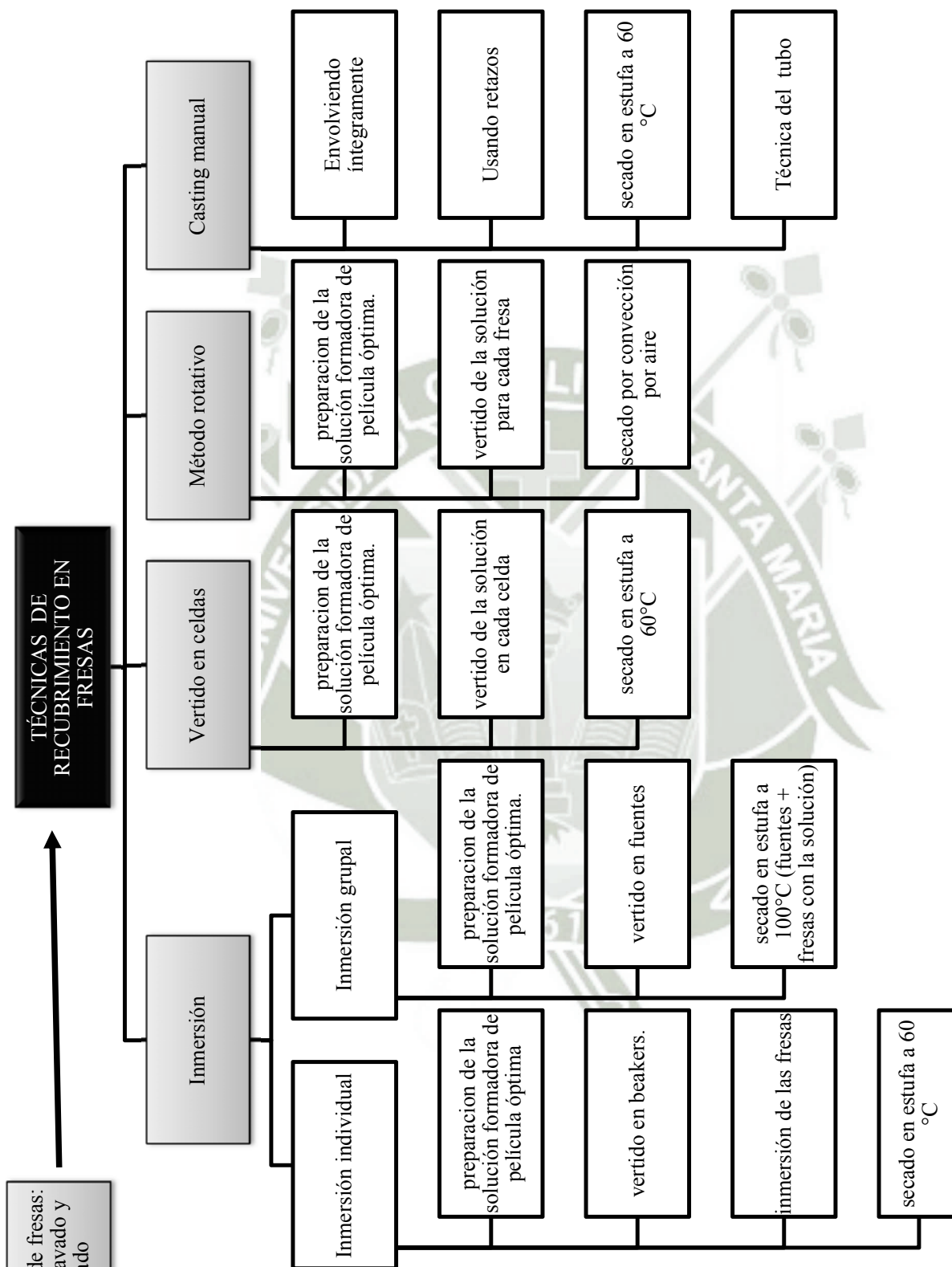


FIGURA 2.10. Flujograma de técnicas de recubrimiento en fresas.

2.5. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL RECUBRIMIENTO EN BASE A FRUTOS DE FRESA: PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, MECÁNICAS, PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y OTROS ENSAYOS.

2.5.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Para llevar a cabo dicho análisis, las diferentes pruebas realizadas se dividieron en 4 tipos de ensayos tal como muestra la figura 2.15; así tenemos evaluación de: Propiedades fisicoquímicas, mecánicas, pruebas microbiológicas, y otros ensayos; para lograr tal objetivo se han empleado un total de 75 fresas, siendo 9 de ellas utilizadas cada día. Tener en cuenta que para estos ensayos solo se llevaron cabo con el hidrocoloide de tara. (Véase capítulo 3 Resultados y discusiones).

2.5.1.1. TASA DE RESPIRACIÓN

La evaluación de tasa de respiración de un fruto se hizo en 3 frascos de 280mL sellados herméticamente, en la cubierta de las tapas de cada frasco se han adicionado salidas conectadas a una manguera de jebe y la salidas han sido selladas lo más herméticamente posibles de tal manera que no haya fugas ni entradas de gas, así como se muestra en la figura 2.11. Dentro de estos frascos se han puesto 9 fresas en 3 tandas, la primera consistió de 3 fresas sin recubrimiento alguno, la segunda de 3 fresas recubiertas en Plastic Wrap y la tercera de 3 fresas recubiertas en biopelículas de tara más un frasco de blanco de pruebas vacío por dentro y sellado.

El modulo al final de la manguera de jebe tuvo al final un tubo de ensayo con una solución de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0.1N, los tubos contenían 10mL de esta solución, se les ha dejado durante un periodo de 16 a 24 horas. Luego de ese tiempo la solución ha sido titulada con ácido oxálico 0.1N usando fenolftaleína como indicador, los resultados han sido reportados en $\text{mL.CO}_2/\text{g}$.



FIGURA 2.11. Ensamblado de frascos para la prueba de tasa de respiración.

2.5.1.2. MEDICIÓN DE pH Y SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Para ambas pruebas se han tomado 3 fresas al día, 3 de cada recubrimiento: tara y Plastic Wrap, y 3 sin recubrir, por ende se emplearon 9 fresas al día, obteniendo 3 extractos licuados, obteniendo un jugo, el cual se utilizó para las 3 pruebas siguientes de cada variedad por 9 días, cabe mencionar que se han licuado las fresas y las fresas con tara en su totalidad, pero a las fresas con Plastic Wrap se les ha removido el plástico antes de su homogenización. La medición de pH se hizo tomando de 6 a 8mL del jugo y diluyendo este en 60 u 80mL respectivamente, se dejó sedimentar, luego esta preparación fue evaluada en el pHmetro, siendo anteriormente calibrado para su operación.

Para la medición de SST, de ese jugo se han obtenido algunas gotas las cuales han sido evaluadas con el refractómetro para de esa manera obtener los grados Brix, procedimiento que ha sido hecho 3 veces para después trabajar con promedios. Luego en base a ese valor obtenido se hizo una corrección mediante fórmula para obtener la cantidad de sólidos solubles, en este caso en base a los grados Brix (Sólidos en Suspensión Totales: SST) obtenidos. Las fórmulas para este y otros cálculos se hallan en la sección de anexos.

2.5.1.3. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE

La acidez del fruto ha sido determinada por gravimetría, del jugo obtenido de 3 fresas se ha tomado 1mL, luego este fue diluido en 10mL de agua destilada y se le

han añadido 3 a 4 gotas de fenolftaleína como indicador, esta muestra fue titulada con una solución de NaOH 0.1N. Luego mediante fórmula estos gastos han sido expresados como porcentaje de ácido cítrico.

2.5.1.4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ

El índice de madurez es calculado mediante fórmula en base a los resultados obtenidos de los Sólidos en Suspensión Totales y el valor de la Acidez Titulable. Los resultados se expresan en grados Brix / %ácido cítrico.

2.5.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Entre los muchos parámetros analizados en las biopelículas, se han analizado espesor, microestructura, fuerza de elongación y permeabilidad de vapor de agua. Todas estas evaluaciones fueron hechas un mínimo de 3 veces (por triplicado) cada una.

2.5.2.1. ESPESOR Y MICROESTRUCTURA

Para el análisis del espesor y de la microestructura de los biopolímeros elaborados, de las soluciones formadoras de estos, se hicieron secar en placas Petri en la estufa por 48°C por 2 días, las biopelículas resultantes fueron enviadas al Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad Nacional de San Agustín; en donde el equipo de laboratorio, analizó las muestras según sus protocolos de trabajo (más detalles en la sección anexos), el equipo de laboratorio determinó los espesores de los biopolímeros y tomó fotografías de las biopelículas, con el fin de ver su apariencia al microscopio electrónico. Para los biopolímeros de tara, se han empleado las concentraciones óptimas, para los de sábila se han empleado las concentraciones más adecuadas para obtener una biopelícula que al menos pueda ser evaluada al microscopio, sus espesores fueron aproximados y por su fragilidad y mala estructura. El protocolo de medición y el funcionamiento del microscopio electrónico están en la sección anexos, con sus aditivos correspondientes.

2.5.2.2. FUERZA DE ELONGACION

Para los ensayos de la fuerza de elongación, de igual manera se han elaborado en placas Petri soluciones de las biopelículas de sábila y tara, con sus respectivos aditivos: glicerol como plastificante y el aceite esencial de canela más Tween 80 como antimicrobiano, y estas fueron secadas a estufa por 48 horas a 50°C; una vez obtenidas, a cada placa se le hicieron punciones en varios puntos y con los dinamómetros, mostrados en la figura 2.12, se ejerció fuerza para jalar y ver a qué cantidad de fuerza se rompían, rajaban o sufrían deformaciones en su estructura.



FIGURA 2.12. Dinamómetros empleados para la prueba de elongación y fuerza de tensión.

2.5.2.3. PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Los módulos para la prueba de permeabilidad al vapor de agua fueron hechos acorde al método empleado por Bósquez (2003). Primero se obtuvieron tres envases herméticos que fueron las cámaras selladas y se les hizo todas sus mediciones de volúmenes y alturas: Un envase de 250mL de capacidad y dos de 500mL aproximadamente, estos han sido además implementados con una base plástica la cual sirve como pedestal para los viales o envases pequeños implementados dentro,

los viales son de 8.3, 15.1 y 13.88mL de capacidad aproximadamente; el esquema de su ensamblado se encuentra en la sección de anexos. Dentro de los envases se adicionaron soluciones saturadas de NaCl y KNO₃, se han vertido aproximadamente 150mL para los envases grandes y 45mL para el envase pequeño de solución de NaCl saturada, y dentro de los viales se han puesto las cantidades estimadas de 4.15, 7.95 y 6.94mL de solución de KNO₃ saturado. En los viales pequeños, cuya área de la abertura superior del vial ya fue previamente determinada, se han colocado las biopelículas a evaluar y adicionalmente un control de para film de permeabilidad y espesor conocidos; estas han sido previamente desecadas por un espacio de 24 a 48 horas antes de su uso. En una cámara ambiental acondicionada a 25°C se han puesto los módulos completos y en cada hora se les ha evaluado las diferencias de peso en cada uno de los viales hasta lograr una uniformidad, se usó una balanza analítica para medir el peso de cada vial, tal como se muestra en la siguiente figura 2.13.



FIGURA 2.13. Ensayo de Permeabilidad al Vapor de Agua (de derecha a izquierda): Viales con KNO₃ y el biopolímero, arreglo de envases dentro de la cámara ambiental, pesado periódico de viales.

2.5.3. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS DE LA ACCIÓN DEL RECUBRIMIENTO EN FRESAS

2.5.3.1. PRUEBA DE INFECCIÓN FÚNGICA

Esta prueba se efectuó para visualizar y contabilizar las colonias de hongos o cualquier indicio de infección que pudiesen estar creciendo en las fresas, de esta

forma las muestras fueron las siguientes: 3 fresas sin recubrimiento, 3 fresas recubiertas con Plastic Wrap y 3 fresas recubiertas con biopolímero de tara, estas 9 fresas han sido vistas al estereoscopio meticulosamente, con el fin de hallar en ellas indicios de crecimiento fúngico (colonias). Este procedimiento fue repetido los 9 días de la prueba.

2.5.3.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

2.5.3.2.1. OBTENCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE CEPAS RELACIONADAS A LAS INFECCIONES EN FRESAS

Para evaluar cuáles son los patógenos que atacan a los frutos de fresas, se han dejado fresas en 3 diferentes lugares: expuestas al medio ambiente a la sombra, almacenadas en refrigerador y almacenadas en congelador o nevera. Luego, en un plazo de 3 semanas se estuvieron evaluando diariamente para ver el crecimiento de alguna infección. A los hongos invasores encontrados, luego de 3 semanas, se les ha aislado sus cepas en placas de agar Saboraud 4% ya preparadas, y se dejaron crecer en las mismas condiciones en las que inicialmente se encontraron. Se han hecho exámenes visuales y al microscopio, cada 7 días por 2 veces para determinar qué clase de hongos han sido encontrados en las fresas.

2.5.3.2.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA (CMI)

La prueba de CMI (Concentración mínima inhibitoria) se efectuó haciendo 6 tubos iniciales los cuales fueron acondicionados con medio líquido Saboraud 4% como caldo de cultivo, se han acondicionado primero 6 tubos los cuales fueron constituidos de esta manera: 2 tubos de control: Control positivo con cultivo de cepa fúngica, y control negativo sin cultivo; ambos con 11mL de caldo Saboraud, 1 tubo de prueba 1/10, con 10mL de caldo más 1mL de una mezcla de aceite esencial de canela más Tween80 en proporción 10:1, luego se hicieron diluciones para los demás tubos añadiendo 1mL del exceso del tubo anterior, de tal modo que los tubos siguientes tuvieron concentraciones de 1/100, 1/1000 y 1/10000, con volúmenes totales de 10mL cada uno.

Luego en un entorno desinfectado y tras la flama de un mechero, se han inoculado de las placas Petri donde se hacían crecer los hongos para su observación algunas cepas, con un asa bacteriológica circular se tomó muestras de los hongos y fueron disueltas en los medios, fueron selladas y luego almacenadas en un lugar cerrado a temperatura ambiente, por el espacio de 7 días se ha evaluado si hubo crecimiento de hongos en los tubos, visualmente y por toma de muestra y examinación al microscopio.

2.5.3.2.3. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS RECUBRIMIENTOS DE HIDROCOLOIDES

Para ver la interacción de los biopolímeros y su capacidad antimicrobiana se han elaborado 8 placas de 55x10mm con agar Sabouraud 4%, 4 de ellas para prueba de Halo de Inhibición y 4 restantes para la prueba de Doble Difusión en Agar por Pozo, de las 4 primeras se han hecho 2 placas de control (positivo y negativo), una con un disco del biopolímero de tara y otra con un disco del biopolímero de tara más glicerol y aceite de canela. Para la prueba de Doble Difusión se han hecho 2 placas control positivo y negativo, con los pozos rellenos de agua destilada, la tercera placa rellena solo con goma de tara, y la última placa rellena con solución formadora de biopelícula de tara (tara, glicerol y aceite de canela).

Estas placas han sido cultivadas con los hongos, salvo los controles negativos, se hicieron punciones del hongo en varios lugares para tratar de cubrir la mayor superficie y ver el desarrollo de halos. Para la prueba de Difusión se hicieron los repiques haciendo punciones concéntricamente alrededor del pozo. Los resultados como los halos de inhibición han sido medidos luego de 7 días en las 8 placas.

2.5.4. OTROS ENSAYOS

2.5.4.1. DENSIDAD Y VISCOSIDAD

Se hicieron también algunos ensayos complementarios, mostrados en la figura 2.14; así tenemos: Densidad por el método gravimétrico, para todas las soluciones se usaron picnómetros de 10 a 25mL, y se hicieron varias mediciones. Las pruebas de

viscosidad han sido hechas en vasos con 250mL de las soluciones que fueron puestas en el reómetro empleado para la medición.



FIGURA 2.14. (De derecha a izquierda) Determinación gravimétrica de la densidad, Reómetro empleado en la determinación de la viscosidad.

2.5.4.2. EVALUACIONES ORGANOLEPTICAS

En cuanto a las pruebas organolépticas, esta prueba tuvo la participación de 10 testigos (10 personas) las cuales no han probado anteriormente un recubrimiento aplicado en fresas, que para este caso se hizo lo más comestible posible. A modo de encuesta, 10 panelistas han probado las fresas, y luego las fresas con recubrimiento, Al panel se le ofreció una fresa en buen estado, fresca y adecuadamente desinfectada la cual probó antes de comer la fresa recubierta, se les pidió a los testigos que anotaran sus percepciones del fruto como su color, textura, sabor, acidez y algún otro detalle que consideren pertinente.

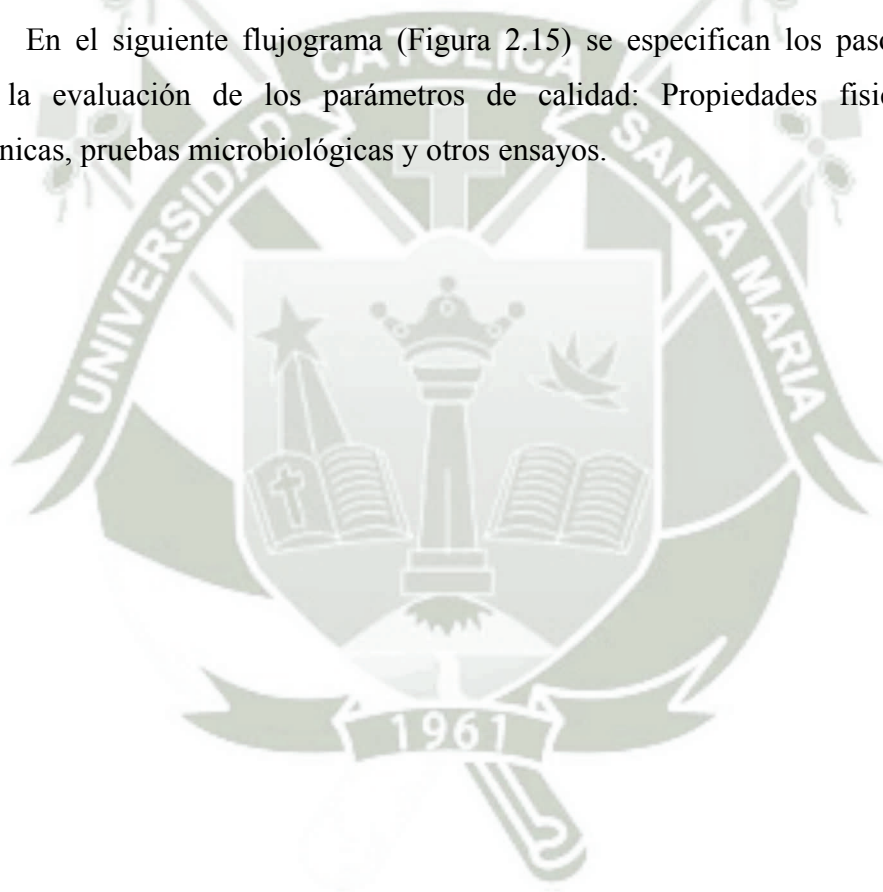
Luego al consumir la fresa recubierta con el polímero de tara, se les pidió que evaluaran su color externo, sabor, olor, aroma, textura y aspecto externo; estos se midieron según una ponderación de 1 a 5, siendo más favorable un puntaje mayor, la sumatoria de los puntajes se empleó como puntaje final de evaluación organoléptica.

Cada testigo anotó sus observaciones en la hoja de Panel Anónimo de Prueba Organoléptica, el modelo de la hoja se halla en los anexos.

2.5.4.3. PÉRDIDA DE PESO

Para la pérdida de peso se han tenido 3 fresas, todas ellas lo más uniformes posibles y con pesos similares, y estas se les ha evaluado el peso cada 24 horas, las fresas han estado almacenadas en refrigerador entre temperaturas de 3° a 10°C. Las pérdidas de peso (%PP) se determinarán por gravimetría mediante la diferencia entre pesos tomando como base el peso inicial (Pi) menos el peso del fruto al final (Pf) del almacenamiento y expresando los resultados como porcentaje de pérdida de peso.

En el siguiente flujograma (Figura 2.15) se especifican los pasos seguidos para la evaluación de los parámetros de calidad: Propiedades fisicoquímicas, mecánicas, pruebas microbiológicas y otros ensayos.



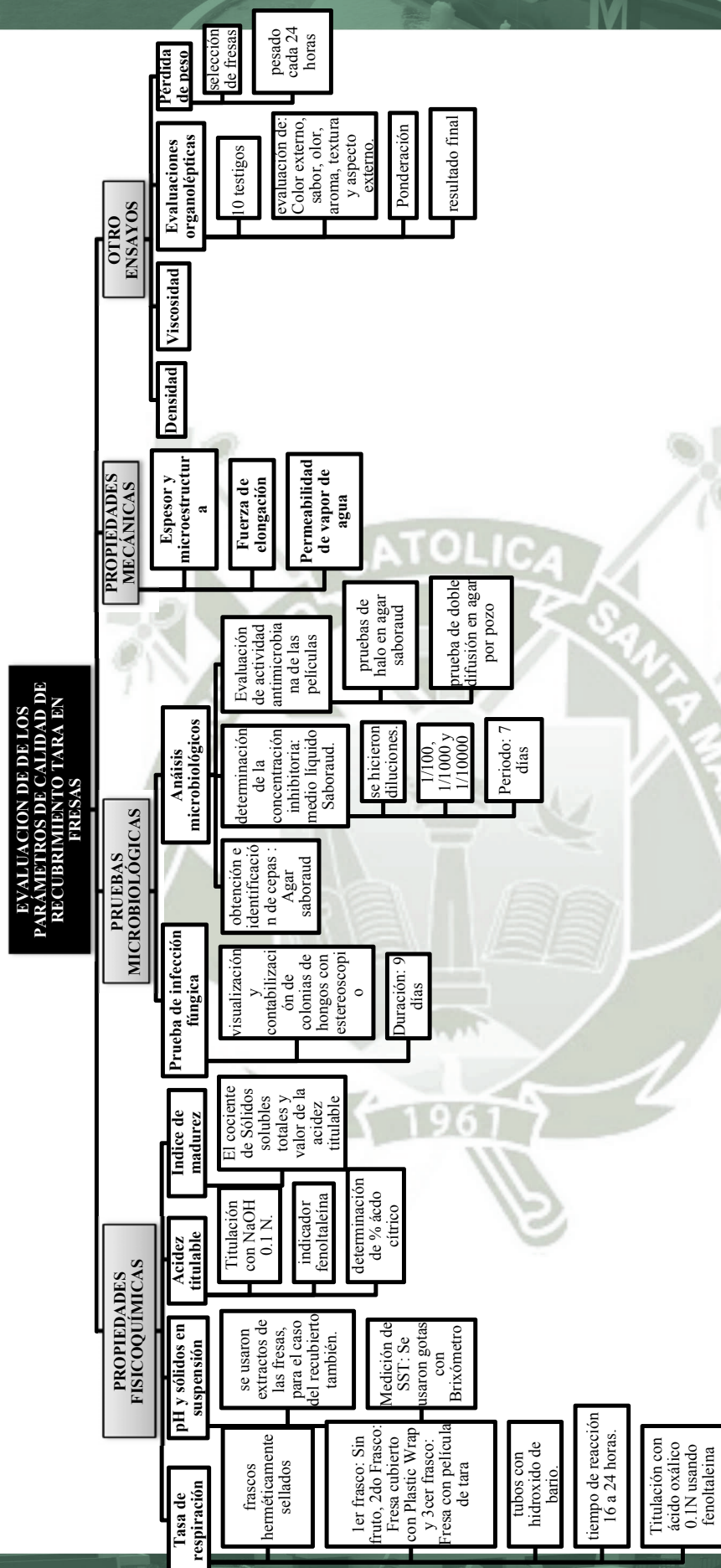


FIGURA 2.15. Flujoograma de evaluación de los parámetros de calidad del recubrimiento de tara en base a frutos de fresa.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. RESULTADOS DE LOS PROCESOS EXTRACTIVOS EN SÁBILA Y TARA

Según el flujograma detallado en la Figura 2.5. Se desarrollaron dos tipos de obtención de mucílagos, a partir de sábila y de tara. Los protocolos han sido efectuados según los métodos especificados en el punto 2.2.1.1. Y 2.2.1.2.

De los mucílagos obtenidos de tara y sábila, se han estudiado todos los pasos para su eficaz extracción y manipulación, sin embargo el trabajo con la tara fue mucho más fructífero, esto debido a su mejor estructura o a su bajo contenido en agua; ya que la presencia componentes residuales como aloína de la sábila o su elevada cantidad de agua la hacen menos manipulable. No obstante es más sencilla la extracción del mucílago de sábila a diferencia del coloide de tara, pero este es más susceptible al deterioro, ciertos cambios químicos en mismo tejido vegetal de la sábila producía que esta crease un color rojizo, esto se vio al exponerla a la luz; como muestra de esto y el mismo hecho que esta se pudriese rápidamente, también producía un mal olor.

Entre ambos mucílagos obtenidos, más pasos ha requerido la obtención del coloide de tara, sin embargo fue el que mejores resultados dio posteriormente, para futuros trabajos se puede emplear la mezcla de agentes antioxidantes o inhibidores de la putrefacción para el hidrocoloide de sábila, ya que se ha visto que este es menos estable que el de tara; inclusive con el hecho de que el mucílago de sábila estaba diluido en un volumen de agua de 10 veces su peso. El trabajo efectuado por Restrepo y Aristizabal (2010) ha logrado aplicar una película de sábila no diluida en fresas con buenos resultados debido al uso de un secador de convección de aire a 40°C por poco tiempo y así no deteriorar la fresa. En este trabajo de investigación no se ha

conseguido el equipo de secado por convección de aire y se han empleado otros métodos de recubrimiento que han resultado infructuosos con el mucílago de sábila.

3.1.1. EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO DE SÁBILA

El producto final extraído del mucilago de las hojas de sábila varía según la metodología con la que se obtuvo según Restrepo et al. (2010), por lo general el producto obtenido es un hidrocoloíde claro de color ligeramente verde y con una viscosidad muy baja al tacto, con un olor típico a la sábila y de sabor ligeramente amargo, que es precisamente lo que se obtuvo en las tres tipos de metodologías usadas, presentadas a continuación en la tabla 3.1; las cuales son: homogenización mecánica y filtrado al vacío, homogenización y decantación, y molienda coloidal, las cuales se pesaron cuatro hojas de sábila, se registró también el peso del mucílago extraído manualmente y finalmente el peso del extracto, de esta forma se obtuvieron los siguientes rendimientos 14.88%, 18.39% y 41.79% respectivamente;

Entre las ventajas y desventajas tenemos que el primer método tiene una buena remoción de impurezas en el extracto, pero a cambio produce mucha espuma y demanda mucho tiempo para su purificación. El segundo método emplea poco tiempo para su extracción, pero a su vez produce abundante espuma y deja impurezas en el extracto. El ultimo método empleado y el cual tiene mayor rendimiento de estos tres no genera espuma y demanda menos tiempo que los anteriores, sin embargo el extracto que produce no es completamente homogéneo.

Para el caso de la sábila, una gran diferencia en su extracción es que el método mecánico por homogenización solamente produjo una gran cantidad de espuma la cual reduce drásticamente el rendimiento de este, por medio de la decantación se puede obtener un líquido más uniforme y opaco, sin embargo se ha visto trazas de impurezas en este. El uso de molino coloidal da como resultado un hidrocoloíde más uniforme y más claro, sin las impurezas del método por homogenización.

TABLA 3.1. Rendimiento (%) de tres técnicas de extracción de mucilago de sábila

	HOMOGENIZACIÓN MECANICA Y FILTRADO AL VACÍO	HOMOGENIZACIÓN Y DECANTACIÓN	MOLIENDA COLOIDAL
Peso de 4 hojas	2.150 kg	2.800 kg	2.010 kg
Peso de mucílago	0.963 kg	1.254 kg	0.900 kg
Peso del extracto	0.320 kg	0.515 kg	0.840 kg
Rendimiento	14.88%	18.39%	41.79%


FIGURA 3.1. Mucílago de Sábila extraído por: A) Homogenización y decantación, B) Homogenización y Filtrado al Vacío, C) Molienda Coloidal

3.1.2. EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO DE TARA

Los resultados fueron los siguientes, tal como muestra la tabla 3.2. De los dos métodos de extracción, la de la vía húmeda, estuvo separada por dos tipos de técnicas, la de fases se muestra con detalle a continuación:

VIA HUMEDA (POR FASES):

- **MEZCLA CON ETANOL:** El material resultante de la molienda, el cual es una mezcla de cáscara, germen y endospermo, se compactó tal como se puede apreciar en la figura 3.2. Por tanto no hubo una diferenciación evitando de esta forma extraer el hidrocólido de la semilla de tara.

- **MEZCLA CON AGUA:** Se ha podido apreciar que hubo una mejor diferenciación de las fases tal como se muestra en la figura 3.2. En la base del beaker se pueden apreciar los sólidos de cáscara de mayor tamaño, seguido por los sólidos grandes del germen de la semilla, luego los sólidos más pequeños y finos, y finalmente una solución de agua, hidrocoloíde y taninos. No hubo extracción del hidrocoloíde porque parte de ella se encontraba adherida a las cáscaras de la semilla, o terminó mezclándose con los taninos, el agua y polvo fino de la molienda mecánica de la semilla en la solución.

VIA SECA: Muchos de estos métodos de extracción han sido inefectivos, y como no se ha obtenido hidrocoloíde según éstos solo se han de tener en cuenta sus desventajas. Ambos métodos usados por “via seca” demuestran que es mejor la extracción de goma en un medio acuoso, ya que: El método de “via seca” por calor ha deteriorado las semillas, quemándolas y ennegreciéndolas sin poder abrirlas; y mediante el método por trituración, el hidrocoloíde sigue adherido a la cáscara. Sin embargo este pulverizado resultante fue empleado en el método de via húmeda por fases.

VIA HUMEDA (CALOR EXTERNO): Por otra parte, de los métodos por Via Húmeda (Extracción por fases y Hervido de semillas), el segundo método ha probado ser el único eficaz de extraer el hidrocoloíde de tara en forma de goma. El uso de solventes como etanol y agua, pero sin aplicación de calor no pudo extraer la goma y esta siguió adherida a las semillas. La única desventaja del “Hervido de semillas” es que su procedimiento es tedioso ya requiere múltiples pasos y tiempo para su ejecución. Véanse las imágenes en la figura 3.2.

Como se observa en la tabla 3.2, el método por vía húmeda mediante hervido de semillas fue el método estándar empleado para la obtención de hidrocoloíde de semillas de tara. En todos los métodos se empezaron con 300 semillas lo cual hace un aproximado de 90 a 120g. De acuerdo a este método de 300 semillas pesando 93g aprox. se obtuvieron finalmente 750mL de mucílago de tara sin purificar y luego 680mL de este ya purificado centrifugado. Obteniendo un rendimiento del 90.07%. (Véase el flujograma en la figura 2.5 en el capítulo 2).

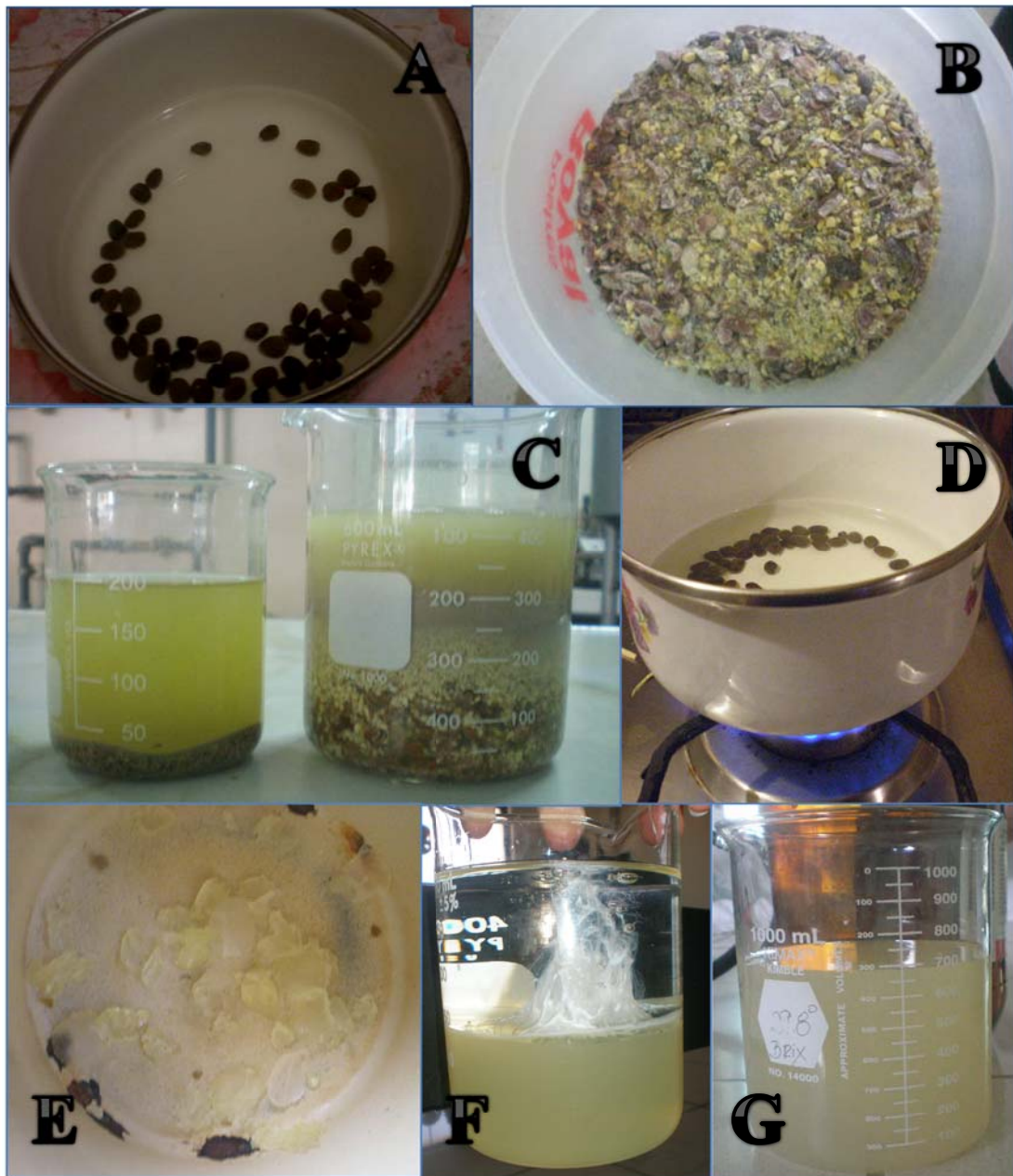


FIGURA 3.2. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO DE TARA: VIA SECA, A) Semillas de Tara ennegrecidas por el calor, B) Pulverizado resultante de semillas de tara. VIA HUMEDA POR FASES: C) Re suspensión de semillas molidas en etanol 96% (izquierda) y en agua (derecha). VIA HUMEDA CON CALOR: D) Extracción por calor húmedo, E) Goma en crudo extraída por este método, F) Coagulación de goma con etanol 96%, G) Hidrocoloíde resultante luego de centrifugación.

TABLA 3.2. Rendimiento (%) de dos técnicas de extracción de hidrocoloíde de semillas de tara.

	VÍA SECA		VÍA HÚMEDA	
	Aplicación de calor	Trituración y molienda	Por fases	Hervido de semillas
Rendimiento	0%	0%	0%	50.07%

Nótese que el único método con el cual se recuperó goma de tara eficazmente fue el último, el éxito de estos métodos se basa en la obtención de goma de tara recuperada del endospermo de las semillas; y de estos cuatro métodos el único capaz de obtener goma en función a la cantidad y al peso inicial de endospermo fue el último. La tara como hidrocoloíde es un material más resistente, sin embargo no se tuvo un protocolo fijo de extracción así que se han ensayado algunos basados en la técnica descrita en el trabajo de Parente-Ribeiro, se ha visto por conveniente emplear distintos métodos para su extracción, la molienda y la cocción no hacen que se obtenga la goma necesaria, un método seco ha probado ser ineficiente, sin embargo es una buena propuesta para elaborar un polvo de la misma semilla y combinando además con otros procedimientos más avanzados se podría extraer la goma desde allí.

De los métodos probados, la mezcla con agua y el uso de calor para su mezcla han hecho posible una mejor extracción, aun así se ha visto que se pierde una buena cantidad de hidrocoloíde, se propone que a una escala industrial se apliquen una combinación de ambos métodos con el fin de lograr una mejor obtención de hidrocoloíde puro de tara. El uso de prensa mecánica es recomendado luego de lograrse una forma de primero separar la cáscara y el germen de la misma goma, procedimiento que solo se ha podido lograr parcialmente en este trabajo de investigación y que ha sido descrito en los trabajos de Skurtys et. al. (2009) y Parente-Ribeiro (2010), muchas gomas tienden a tener un nivel de viscosidad muy

alto y la dilución en un solvente polar como es el caso del agua ayuda a tener una solución más manejable sin perder sus propiedades mecánicas y físicas.

Entre otros aspectos observados, la poca uniformidad e informalidad del cultivo de la tara han hecho que semillas más jóvenes se mezclen con semillas viejas, las cuales rinden menos cantidad de goma; en el laboratorio se ha visto que un buen método para descartar las semillas jóvenes de las viejas es vertiéndolas en un contenedor de agua, se pudo apreciar que las semillas viejas flotan mientras que las más joven se hunden, este método ha probado ser efectivo, también discriminando el tamaño y la forma de las semillas, a la par que también se separa a las semillas sanas de aquellas que presentan imperfecciones. Este método no ha sido encontrado en ninguna referencia de la literatura existente, y se ha podido apreciar durante el desarrollo del trabajo.

3.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES

Una vez obtenidos los hidrocoloides, según el plan maestro de la tesis, se les ha adicionado dos plastificantes principales: aceite de canela con el fin de darle una capacidad antimicrobiana y antifúngicas, y glicerol con el propósito de darle plasticidad a los futuros biopolímeros, por las características de éstos, se supo de antemano que la única manera de que estos solidifiquen es mediante la pérdida de agua, por eso se ensayaron diferentes concentraciones con diferentes temperaturas con el fin de hallar las correctas. Las temperaturas altas por tiempos cortos en general hacen que los biopolímeros se vuelvan quebradizos y menos resistentes, con el consiguiente daño por calor que ennegrece y quema la materia orgánica, mientras que al probar con tiempos de secado largos a temperaturas bajas se dan las condiciones para la proliferación de hongos y los secados son irregulares, en especial con el biopolímero de sábila, el cual probó ser más frágil que el mismo biopolímero de tara.

Según el procedimiento descrito en el flujograma de la Figura 2.7. Se han hecho en primer lugar ensayos de la matriz estructural en porcentajes mezclados con agentes para mayor consistencia, para tara y para sábila. Y luego para ensayar los plastificantes hidrofílicos (principalmente para la plasticidad de la película) e hidrofóbicos (aceites, según literatura). Procedimiento el cual realizamos en base al trabajo de Skurtys et al. (2009).

Se ha llegado a comprobar que la adición de agua adicional al hidrocoloíde de sábila ha debilitado aún más la estructura final de esta, y ha retardado más aún el proceso de secado, provocando pérdidas en su estructura. No hay mayor diferencia entre las cuatro, salvo el hecho de que son muy laxas y frágiles, razón por la cual también las películas y partes de ellas se han quedado adheridas al cristal de las placas Petri, posiblemente por la falta de algún plastificante. Por ese motivo se decidió emplear el mucílago sin adición de agua en las pruebas posteriores. Los biopolímeros de sábila, no obstante, han demostrado que no importa cuán homogéneamente se mezcle y la cantidad de plastificantes se le añada, siempre las biopelículas de este biopolímero, eran inconsistentes y llenas de hoyos, no tenían un buen aspecto; la calor prolongada, el paso del tiempo una vez secados, y el mismo aceite de canela producían el fenómeno del enrojecimiento de esta, la biopelícula se oxidaba y tomaba un color rosado; pero pese a estos inconvenientes se ha seguido experimentando con la sábila con el fin de obtener una mezcla la cual se pudiese emplear como recubrimiento comestible, fin el cual no se pudo concretar al final del trabajo hecho en los hidrocoloídes, pese a que la bibliografía consultada ofrecía resultados con el uso de mucílago de sábila como recubrimiento en frutos.

Con los biopolímeros de tara la situación es distinta, de por si toleran una mayor temperatura que los de sábila y tienen buena mezcla con los plastificantes y no se aprecian problemas de enrojecimiento, ni de degradación, por si sola el biopolímero resultante tiene la forma de un plástico quebradizo no muy flexible, ganando flexibilidad al juntarlo con glicerol solamente y si se mezclaba con aceite de canela se hacía un biopolímero más grueso, adquiriendo también un agradable olor a canela, pero perdiendo flexibilidad y volviéndose más opaco. En todos estos casos,

los biopolímeros de tara son más robustos y resistentes, a la par que también más versátiles y manejables. Las películas secadas en base a tara, se ve que fue mucho más manejable y útil diluir la tara en una proporción 1:1, con agua, se hace más manejable, conserva su fuerza estructural y el tiempo de secado es en minutos. El glicerol y el aceite (canela y su reemplazo de oliva) más Tween 80 fueron los ingredientes principales, según el plan experimental, sus comportamientos varían según la naturaleza del aditivo y su concentración.

La experiencia de trabajo con la mezcla de plastificantes y las condiciones de secado nos permite hacer algunas anotaciones: El hecho que un coloide hidrofílico o mucílago tenga mayor cantidad de agua hace que este sea más propenso a deteriorarse y el secado por calor en seco, si es en estufa debe hacerse con la válvula de vapor de agua abierta, sino se torna en una incubadora y favorece la proliferación de hongos inclusive con el agente antimicrobiano; también las propiedades reológicas de un hidrocoloide varían con el paso del tiempo, si bien reporta una viscosidad y densidad inicial, se le debe dejar mezclando o dejar que se acondicione por 24 a 48 horas, ya que dentro de la matriz molecular de los mucílagos empleados como hidrocoloides, los mismos plastificantes se están integrando a esta, y eso se observó que altera sus propiedades reológicas; además la mezcla de plastificantes en un hidrocoloide debe ser lo mejor posible, en especial con los plastificantes no polares como aceites, los cuales si la mezcla es deficiente tienden a agruparse y no integrarse adecuadamente con la solución de biopolímero. Hay ciertas diferencias entre el uso de diferentes plastificantes las cuales serán detalladas en la sección de conclusiones.

Las diluciones de sábila y tara en agua han sido evaluadas y efectuadas, para ser luego secadas a la estufa a una temperatura de 60°C durante 24 horas según la tabla 3.3. Todos los biopolímeros de sábila no han sido uniformes, se han roto fácilmente durante su preparación y no han sido transparentes por la presencia de impurezas. Mientras que los biopolímeros de tara han sido todos uniformes y no han presentado impurezas usando agua como plastificante, particularmente el de concentración a 50% la cual tuvo la mejor plasticidad. Algunas desventajas en los biopolímeros de tara han sido: a 40% la película se adhirió a la placa Petri, a 60% se

obtuvo una película laxa y delgada, y a 70% la película fue más frágil aún. Los resultados son los siguientes:

TABLA 3.3. Proporción de dilución de agua en los hidrocoloides de hojas de sábila y semillas de tara.

CONCENTRACIÓN HIDROCOLOIDE	HIDROCOLOIDE (mL)	AGUA DESTILADA (mL)	VOLUMEN TOTAL (mL)
SABILA			
40	8.19	11.81	20
50	10.24	9.76	20
60	12.29	7.71	20
70	14.34	5.66	20
TARA			
40	11.62	18.38	30
50	14.52	15.48	30
60	17.42	12.58	30
70	20.33	9.67	30

Los resultados de la utilización de glicerol y aceite de canela y oliva fueron los siguientes, tal como muestran las tablas 3.4 y 3.5. Entre las ventajas y desventajas del uso del glicerol en sábila se han visto que a una baja concentración (0.5%) el polímero es más maleable y resistente, pero no obstante esto no fue visto en las demás concentraciones; entre las desventajas se apreció que todos los polímeros no han sido uniformes, presentando hoyos e impurezas. El polímero de tara fue el mejor en términos de obtención, homogeneidad y uniformidad; de igual modo la concentración idónea encontrada fue de 0.5%. Sin embargo, se ha encontrado que a concentraciones altas (2.0%) la película se torna pegajosa y quebradiza.

TABLA 3.4. Concentración de adición de glicerol 99.5% en los hidrocoloides de hojas de sábila y semillas de tara.

SÁBILA				
CONCENTRACIONES	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Glicerol 99.5% (mL)	0.93	1.86	2.80	3.73
H. de Sábila (mL)	149.07	148.14	147.20	143.27
TARA				
CONCENTRACIONES	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Glicerol 99.5%	0.19	0.37	0.55	0.73
H. de Tara (mL)	14.91	14.82	14.73	14.64
Agua Destilada (mL)	14.91	14.82	14.73	14.64

Como se ha descrito anteriormente, la sábila es incompatible con el uso de aceite como aditivo, impidiendo la obtención de un polímero útil; en las placas Petri se han visto residuos no uniformes, grasosos y menos homogéneos, más aun a las concentración de 2.0% y ligeramente ennegrecidos. Las preparaciones de tara han dado por resultado polímeros más uniformes, en especial aquellos hechos con aceite de canela, y la menor concentración (0.25%) fue la mejor para la obtención de película. Pero el uso de aceites también presentan inconvenientes, cuando las concentraciones de aceite son mayores a 0.25% la película pierde uniformidad y aparecen hoyos, y el número de estos aumenta conforme la concentración de aceite se incrementa igualmente; otra desventaja vista en todas las cuatro proporciones ensayadas es la aparición de un color blanquecino que disminuye la transparencia del polímero en general, esto para el caso del aceite de canela, ya que para el aceite de oliva, independientemente la concentración usada tanto para sábila como para tara, las películas resultantes fueron grasosas, huecas y heterogéneas.

TABLA 3.5. Concentración de adición de aceite de canela y oliva en los hidrocoloides de hojas de sábila y semillas de tara.

SÁBILA					
CONCENTRACIONES		0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
Aceite de Oliva (mL)		0.67	1.35	2.02	2.70
Tween 80 0.1% (mL)		0.15	0.15	0.15	0.15
H. de Sábila (mL)		149.18	148.50	147.83	147.15
TARA					
CONCENTRACIONES		0.25%	0.5%	0.75%	1.0%
1	Aceite de Oliva (mL)	0.07	0.14	0.20	0.26
	Tween 80 0.1% (mL)	0.015	0.03	0.03	0.03
	H. de Tara (mL)	14.95	14.91	14.88	14.84
	Agua Destilada (mL)	14.95	14.91	14.88	14.84
2	Aceite de Canela (mL)	0.075	0.15	0.23	0.30
	Tween 80 0.1% (mL)	0.015	0.03	0.03	0.03
	H. de Tara (mL)	14.95	14.91	14.87	14.84
	Agua Destilada (mL)	14.95	14.91	14.87	14.84

3.2.1. PARÁMETROS DE OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULA ÓPTIMA

También se ensayaron con espesantes, los cuales pasaron por un método de secado y éstos fueron: La miel, el agar, el phytigel y el colapez; pero se observó que ninguna de ellos logró integrarse y formar una película homogénea que permita un recubrimiento uniforme y esto es debido a las diferentes naturalezas que presentan, así, el agar y el phytigel, son biopolímeros cuyo secado es en frío, mientras que la misma sábila y la tara secan en calor; así mismo el colapez se solidifica a temperatura ambiente y con el espesante miel al someterle a temperaturas mayores, esta se caramelizó y no se obtuvieron buenos recubrimientos. En la literatura se pueden hallar múltiples trabajos los cuales acondicionan plastificantes para su uso con una matriz hidrocoloíde para recubrir fresas con resultados similares, Ribeiro et. al. (2007) empleó sorbitol como plastificante y Skurtys et. al. (2009) hace referencias al uso de múltiples trabajos en los cuales se utilizan diferentes mezclas de plastificantes con hidrocoloides entre sí.

En la sábila, la adición de un agente aceitoso a un medio hidrofílico, no ha causado un buen nivel de adhesión, aunque esto también pudo deberse a la baja cantidad de agente surfactante empleado, aun así se aprecian películas no uniformes, sin buen aspecto, con un color rosáceo y llenas de orificios en todas sus proporciones ensayadas, la integridad de las películas de sábila son muy bajas y la adición de plastificantes favorece la formación de hoyos y otros problemas estructurales en los polímeros de sábila, debido a que su capacidad de manejo es muy baja y no hay parámetros óptimos buenos en su obtención como biopelícula, no se ha empleado este hidrocoloide de sábila como recubrimiento protector.

Por otro lado, las películas de tara han mostrado que son más robustas, aunque la aplicación de aceite también no es muy compatible con su medio hidrofílico, Para el aceite de oliva, se han visto algunos pocos orificios, el número de estos se hace mayor conforme la concentración de aceite es mayor, de igual modo su homogenización es más pobre a mayor concentración. Con el aceite de canela, sin embargo, se vio una mejor homogeneidad, mejor mezcla con la menor concentración y un aspecto más uniforme y ligeramente opaco. En ambas muestras se ha visto que a mayor concentración de aceite, la misma biopelícula se vuelve más aceitosa al tacto y se disemina fuera de la película al contacto. Las biopelículas de tara tienden a tener un color ligeramente amarillento o beige, se hacían más blanquecinos con el aceite de oliva, sin variaciones con el de canela.

La película de tara óptima para su uso como recubrimiento protector tiene una consistencia flexible y a la vez robusta, ligera y uniforme, con el característico olor a canela y de un color beige opaco con un cierto nivel de transparencia. Los tiempos de secado fueron de 24 horas para los 30mL a 50°C y de 48 horas para 300mL a 60°C. Los resultados muestran las concentraciones óptimas que se usaron tanto para un volumen de 30 mL, de los cuales se realizaron en placas pequeñas y un volumen de 300 mL, de los cuales se realizaron en bandejas de vidrio pírex; así tenemos un 49% de hidrocoloide de tara que formó parte de la matriz estructural, otro 49% de agua destilada, una concentración de 0.5% de plastificante hidrofílico, el cual fue el glicerol y por último un 0.25% de concentración de aceite de canela, con la misma

concentración usada de surfactante Tween 80, para su homogenización correcta, todo ello se muestra en la siguiente tabla 3.6:

TABLA 3.6. Concentraciones de glicerol 99.5%, aceite de canela y Tween 80 para la obtención de la biopelícula óptima.

VOLUMEN FINAL (100%) (mL)	H. DE TARA (49%) (mL)	AGUA DESTILADA (49%) (mL)	GLICEROL 99.5% (0.5%) (mL)	ACEITE DE CANELA (0.25%) (mL)	TWEEN 80 (0.25%) (mL)
30	14.83	14.83	0.189	0.075	0.073
300	148.31	148.31	1.871	0.766	0.740

3.3. RESULTADOS DE LAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECUBRIMIENTO DE FRESAS

En vista de los varios protocolos de recubrimiento vistos, se han ensayado una selección de éstos. Los métodos de secado por calor han sido efectuados siguiendo los trabajos de Skurtys (2009), secado por convección de aire caliente (Restrepo et al, 2010) y secado lento y prolongado (Saavedra et al, 2010), excluyendo aquellos los cuales fueron de mucha complejidad y aquellos que requerían el uso de equipo especializado para el recubrimiento.

3.3.1. SELECCIÓN, ACONDICIONAMIENTO, PREPARACIÓN DE LAS FRESAS EMPLEADAS

Este conjunto de pasos fue considerado en preparación a los actuales protocolos de recubrimiento ensayados y descritos en el flujograma de la Figura 2.10. A continuación se muestra en la figura 3.3 las fresas empleadas que se obtuvieron con el fin de tener la mayor uniformidad en los resultados, no obstante en los procesos de desinfección se pudo notar que algunas fresas perdían su tono natural de color, o su cubierta externa se deshacía o se degradaba al tacto.



FIGURA 3.3. Fresas escogidas para los procesos de recubrimiento.

La mayoría de los procedimientos de recubrimiento usados han sido basados en el trabajo de Parente-Ribeiro (2010), pero por cuestiones técnicas hemos desarrollado nuestros propios métodos de recubrimiento en seco y también con el biopolímero aun líquido empleando los agentes solidificantes y luego con la película obtenida en seco en base a la solución óptima ensayada. Y solo conservando de la técnica original el uso de calor para secar la solución inicial (véase Figura 2.10). Las cuatro técnicas ensayadas han sido: Inmersión, Vertido en Celdas, Método Rotativo y “Casting” o “Coating” Manual.

Se ha procurado a lo largo del trabajo de investigación que las fresas sean lo más similares y lo más frescas posibles, se verificaban los lotes de producción y se las almacenaba en frío expuestas; luego de los procesos de desinfección, lavado y la preparación de frutos, se ha visto que por más que el proveedor indicaba que las fresas eran de la variedad empleada, habían otras fresas que no parecían coincidir con la variedad, y también una gran número de fresas con imperfecciones, de ésta forma, nos han sido provistas.

3.3.2. ENSAYOS DE RECUBRIMIENTO POR INMERSIÓN

Los métodos por inmersión ensayados no han probado ser muy efectivos, por la razón de que el calor aplicado a ellos tiene que ser por convección, adicionalmente que la fresa tiende a deteriorarse muy pronto y con mucha facilidad, un calor excesivo resultaba dañando a las fresas, por ende un método de calor tenía que ser muy cuidadoso, ya que los métodos de secado fallaron por estar la fresa estática, se intentó hacer un secado en movimiento, por ello se probó haciendo “brochetas” de fresas en las cuales el giro hiciera un reparto más eficaz del calor, pero se observó que un buen volumen de la solución era desperdiciada, por ello se han probado otros agentes aditivados al medio pero por las razones ya explicadas anteriormente; y además por el hecho de que empalar la fresa ya de por sí era causarle un daño al tejido, estos métodos no han sido considerados. Una aplicación prolongada de calor, o un aumento en la temperatura va a tener los mismos resultados, y por el hecho que la misma fresa es una fruta muy susceptible a la temperatura, si esta sube habrá una degradación, sin embargo a bajas temperaturas el biopolímero no ha de secarse formando el recubrimiento. Una situación similar se ha apreciado con la sábila, habiéndose evaporado la mayor parte de esta, dejando las fresas desecadas en el envase.

En este punto se ha visto en general mejores resultados con la tara como recubrimiento, que con la sábila; aunque por lo general no se lograba obtener un biopolímero adecuado, se lograba recubrir la fresa con las diferentes soluciones de tara; no así con la sábila, que no era adecuada como hidrocoloíde, no tenía buena sinergia mezclada con los plastificantes, no recubría uniformemente la superficie y por lo general era más difícil de manipular; por el mismo antecedente que dejó la sábila que no podía producir buenos biopolímeros por sí sola, mucho menos iba a ser posible usarla como recubrimiento bajo estas limitaciones y a partir de allí, solo se hicieron recubrimientos con las soluciones basadas en tara para este trabajo.

El enfoque inicial de este trabajo era hacer un recubrimiento el cual cumpliera las funciones de protector contra diferentes agentes externos; como daños mecánicos, daños físicos y ataques de hongos y/o bacterias, además de conferirle un valor

agregado y un vehículo natural que permite fortificarla en cualquier aspecto que se vea por conveniente; así los resultados de este trabajo de tesis han demostrado que el biopolímero de tara cumple una buena función protectora.

A continuación se muestran múltiples técnicas utilizadas para el recubrimiento de los frutos de fresa:

3.3.2.1. INMERSION INDIVIDUAL, GRUPAL Y EN CELDAS

Por el método de inmersión individual no se pudo obtener un recubrimiento uniforme, además de perderse gran cantidad de solución formadora de película. Con los mismos parámetros para fresas individuales se ensayó la inmersión grupal. Solo ha desecado la parte superior de la bandeja, dejando por debajo de esa cobertura de tara seca una mezcla líquida la cual solo ha adherido a las fresas más cercanas a esta, con el hidrocoloide degradado y mezclado con agua por la condensación y con el resto de fresas cocinadas debajo por efecto que ha dejado la cobertura superior como una tapa, véase la figura 3.4.



FIGURA 3.4. Método de secado grupal.

Se ha intentado también usar “celdas” o contenedores pequeños para facilitar el proceso, pero al igual que el secado individual hay un desperdicio de solución de tara en volumen, incluso para cada celda, quedando muy similar al secado grupal. Al

apreciarse que un secado estático en el cual el calor no se distribuye equitativamente alrededor de la fresa por estar esta fija al fondo, se ha ensayado el método de inmersión rotativo.

3.3.2.2. SECADO POR METODO ROTATIVO

Para el caso de la tara se han hecho secar estas fresas empaladas en tándem y luego de ver los resultados se pensó en la añadidura de los 4 aditivos auxiliares explicados anteriormente, de igual modo para la sábila. Lo que se ha visto es que en este modo toda la solución del biopolímero se escurre de la fresa, en ambos casos, para la sábila y la tara, además el tiempo y el calor aplicado son largos, por ese motivo se ha hecho la añadidura de los aditivos con el fin de mejorar su calidad como recubrimiento útil. Los resultados han sido los siguientes:

1. SÁBILA + MIEL: Hubo pérdida de solución y esta se escurría fácilmente, no se quedaba fija en ningún costado de la fresa.
2. SÁBILA + AGAR: Se observó que no hay una buena interacción entre la sábila y el agar. Partes de la fresa estuvieron sin recubrir y aglomeraciones de la solución sin uniformizar.
3. SÁBILA + PHYTAGEL: Se observó que no hay una buena interacción entre la sábila y phytigel. Partes de la fresa estuvieron sin recubrir y hubieron aglomeraciones de la solución sin uniformizar.
4. SÁBILA + COLAPEZ: No hubo una buena sinergia entre ambos componentes, dando lugar a una mezcla poco homogénea. La solución del hidrocoloide de sábila tomó un color rosáceo, mostrando signos de oxidación, la mezcla era muy líquida e inconsistente.

En el caso de la tara es diferente, por su mayor contenido de polisacáridos y menor cantidad de agua en su composición tiene una mejor afinidad.

1. TARA + MIEL: La solución vertida en las fresas fueron caramelizadas. Hay abundante pérdida de solución de película. Han mostrado un color rojizo oscuro, como melaza, junto con una degradación de la fresa. El

recubrimiento fue más uniforme que su análogo con sábila pero no obstante hubieron zonas sin recubrir. Los resultados a continuación se pueden observar en la figura 3.5.

2. TARA + AGAR: Hubo buena homogenización de ambas soluciones (tara y agar) pero también hubo bastantes pérdidas de solución formadora de película al tratar de recubrir a las fresas. Se observó un buen recubrimiento de casi toda la superficie de la fresa pero el grosor de la película formado no fue uniforme, véase la figura 3.6.
3. TARA + PHYTAGEL: Los resultados fueron similares presentados a las del agar, no obstante el grosor de la película fue más homogénea que la del agar, véase la figura 3.7.



FIGURA 3.5. Secado de mezcla tara más miel.



FIGURA 3.6. Secado de mezcla tara más agar.



FIGURA 3.7. Secado de mezcla tara más phytigel.

4. TARA + COLAPEZ: Se ha mezclado en la misma proporción ambas soluciones, de la misma manera que fue preparada para la sábila, pero no hubo una buena homogenización y ocurrió abundante pérdida de la solución formadora de película.

3.3.3. ENSAYOS DE RECUBRIMIENTO POR “CASTING” O “COATING”

A pesar de que solo 2 recubrimientos con tara fueron exitosos, las proporciones empleadas estaban cerca del 50% de la mezcla total, y así ya no serían más soluciones de hidrocoloíde de sábila y tara, sino que serían también de otro polisacárido, además se pudo apreciar luego que el mismo empalamiento de las fresas va en contra del objetivo del trabajo que es lograr un recubrimiento el cual proteja la fresa del entorno externo, si ya un cuerpo externo la atraviesa deja de cumplir el objetivo. Siendo hasta este punto el método de inmersión infructuoso en la obtención de un recubrimiento útil, se ha decidido descartarlo como tal. En vista del poco éxito del primer método (Método por Inmersión), se pensó en hacer el recubrimiento primero y una vez obtenido revestir con él al fruto, (Método Casting) y de igual forma se han ensayado diferentes maneras, pero todas ellas involucraban hacer modificaciones en la lámina obtenida de biopolímero óptimo de tara, se han hecho cortes en diferentes formas con el fin de forrar la fresa, se las ha envuelto y se llegó a tener dos formas las cuales se consideró buenas, con el fin de hacer un recubrimiento de tara para la fresa. Una de ellas, la cual cubre por retazos la fresa, es más compacta y tiene mejor adhesión, sin embargo su apariencia externa puede mejorarse, de igual modo el recubrimiento en tubo, que sirve a modo de envoltura de la fresa, la recubre completamente pero deja aire dentro de ella.

En vista que los ensayos en liquido no han dado buenos resultados, se ha optado por emplear otros métodos, para este caso definitivamente se ha planeado hacer el recubrimiento por separado y una vez obtenido este recubrimiento se procedió a recubrir las fresas de la manera más completa, eficiente y limpia posible.

3.3.3.1. SECADO DE MEZCLA OPTIMA DE GOMA

Para obtener el biopolímero en la mayor cantidad posible han sido acondicionadas 3 bandejas de vidrio de 461.25cm^2 de superficie y 1932mL de volumen. A cada bandeja se le ha añadido aprox. 300mL de mezcla óptima de biopolímero de tara, como se especifica en la tabla 3.5. Esta mezcla secó en 48 horas a 60°C , obteniendo una superficie de recubrimiento de 1383.75cm^2 , véase el ejemplo detallado en la figura 3.8. Bajo estas condiciones el biopolímero es ligeramente más grueso y duro que el producido en placas Petri, pero mantiene sus mismas cualidades.

3.3.3.2. MÉTODOS DE RECUBRIMIENTO EN SECO

Luego, se han ensayado varios métodos los cuales han sido empleados para recubrir las fresas, ya con el biopolímero formado, tal como muestra la figura 3.9, debido a que no todas las fresas tienen la misma forma, y no todas pueden ser recubiertas homogéneamente, se han ensayado varias maneras de aplicar el biopolímero a estas, a continuación se van a detallar los resultados de los diferentes métodos de recubrimiento empleados para las fresas.



FIGURA 3.8. Biopolímero de tara óptimo obtenido en bandeja.

1. ENVOLVER LA FRESA INTEGRAMENTE CON EL BIOPOLÍMERO

- a. Resultó engorroso, y además el recubrimiento no era uniforme, quedando arrugas y grietas, un mal aspecto, espacios sin recubrir, y cavidades de aire entre el fruto y la biopelícula.
- b. Desperdicio de bastante biopolímero.

2. HACER LISTONES, RETAZOS Y PARCHES

- a. De una producción de 4 láminas de biopolímero se han hecho cortes manuales con tijera y se han hecho listones delgados y gruesos, ambos de la longitud original de la bandeja (22cm aprox.); retazos y parches. Estos han sido puestos encima de las fresas, cual si fuesen forros, y adheridos lo mejor posible, cada uno de ellos tiene un comportamiento diferente:
 - i. LISTONES DELGADOS ($<0.5\text{cm}$): Envolver con los listones delgados no tuvo buenos resultados, Fue muy susceptible a romperse, en algunos lados del fruto se deshizo la película dejando aperturas, en otros daba un aspecto de sobre envuelta.
 - ii. LISTONES GRUESOS ($>1.0\text{cm}$): A diferencia de la anterior el uso de listones gruesos hace al recubrimiento más uniforme, más fácil su manipulación y deja menos espacios sin recubrir, sin embargo el aspecto exterior no es muy bueno, y hay el problema de sobre recubrimiento de algunas zonas.
 - iii. RETAZOS (Largo de 6cm y ancho de 2cm aprox.): En este método se vio un mejor manejo, se pudo lograr una mejor adherencia y es más adaptable a los recovecos del fruto, hay ligero sobre recubrimiento, este método fue aceptado como uno de los métodos más óptimos.

- iv. **PARCHES** (aproximadamente de 3x3cm o 4x4cm): Los parches no se adaptaban bien a la superficie de la fresa, dejaban muchos espacios entre el fruto y la biopelícula, su nivel de manejo era difícil, también dejaban muchas regiones sobre recubiertas, este método fue descartado.
- v. **ENVOLVIMIENTO EN TUBO**: Este método eliminó el problema de espacios descubiertos o sobre cubiertos, como método fue aceptado, sin embargo un inconveniente que presenta es la acumulación de aire interno que queda atrapado dentro de este, y con este procedimiento hay menor rendimiento de biopolímero/fresa. Luego del su recubrimiento se instaló un módulo de extracción al vacío para hacer que la biopelícula se adhiriese al fruto, pero sin embargo la presión no fue la suficiente fuerte para lograr una extracción del aire.



FIGURA 3.9. Fresas recubiertas mediante método de retazos largos y por tubo de recubrimiento.

De todos los métodos ensayados, ya sean por inmersión, “dipping”, “casting” o “coating”; estos dos últimos métodos en seco han logrado una mejor adhesión al fruto, y por ende han tenido mejores resultados que los otros métodos, para las siguientes pruebas efectuadas se ha visto mejor la posibilidad de ensayar otros

métodos, pero ya habiéndose logrado una buena adhesión, la propuesta fue descartada. De los 2 métodos finales de recubrimiento en fresas, han sido exitosos, el uso de retazos largos por partes y el recubrimiento por tubo de biopolímero.

3.4. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL RECUBRIMIENTO EN BASE A HIDROCOLOIDE DE TARA EN FRUTOS DE FRESA: PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, MECÁNICAS, PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y OTROS ENSAYOS.

Todas las evaluaciones efectuadas a las películas elaboradas de hidrocoloides han sido detalladas en el flujograma de la Figura 2.15. ya que son los ensayos aplicables a los biopolímeros en 4 categorías: Propiedades físicoquímicas, mecánicas, pruebas microbiológicas y otros ensayos.

Los análisis de calidad efectuados en las fresas se dieron todos como mínimo 3 veces, con 3 repeticiones o muestras cada una. Con el objetivo de que las pruebas fuesen lo más verídicas posible. Para las pruebas de tasa de respiración y evaluaciones organolépticas se emplearon las fresas recubiertas por el método de adhesión de retazos, las demás pruebas fueron efectuadas con el método del tubo de biopolímero. Además, para probar su efectividad se ha probado también un recubrimiento plástico comercial no orgánico, el Plastic Wrap fue empleado como recubrimiento de prueba para todas las pruebas siguientes, con excepción de la prueba de evaluaciones organolépticas.

Estas pruebas están separadas por su factibilidad de laboratorio, y por el hecho de ser ensayos que involucran a la película y a la fresa como una sola unidad, no obstante en el flujograma de la Figura 2.19 por sus características, se ha clasificado de manera diferente: Las pruebas físicoquímicas de calidad son: Tasa de Respiración, pH y sólidos en suspensión, porcentaje de acidez e índice de madurez; El conteo de colonias fúngicas está considerado como una prueba Microbiológica; finalmente, las pruebas organolépticas y la pérdida de peso se encuentran en la

sección Otros Ensayos. Para estas pruebas se han seguido las técnicas indicadas en las referencias a Márquez et al. (2007), Holcroft & Kader (1999), La Norma Técnica Peruana 011.025:2010 y Skurtys et al. (2009). Para ver más información véase el capítulo 1.2.4.4.

De aquí en adelante se empleará una leyenda para nombrar a cada hidrocoloide y cada aditivo, de la siguiente manera: Tara (T), Sábila (S), Glicerol (G) y Aceite (A).

3.4.1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD

Estas 4 pruebas, se han hecho en serie, las repeticiones han sido de 9 días mínimo cada una, se han usado fresas nativas, fresas forradas con Plastic Wrap y fresas con el recubrimiento de hidrocoloide de tara, se debe indicar que para esta prueba han sido revestidas con la solución óptima de tara por el método del tubo de biopolímero, en cada repetición se les ha hecho las pruebas de pérdida de peso y conteo de colonias fúngicas, las cuales no han requerido la lisis del tejido vegetal, luego de ellos las pruebas de pH, grados Brix, porcentaje de acidez titulable e índice de madurez, han requerido la lisis del tejido. Como se ha podido apreciar en las tablas y en las figuras encontradas, las únicas pruebas que han mostrado un patrón predictivo y normal de tendencia han sido la de pérdida de peso y la de conteo de colonias fúngicas en las fresas. Para todas las demás pruebas se han visto fenómenos en las figuras como varios picos y valles consecutivos y en algunos casos muy pronunciados, algunos con la apariencia de que se incrementan, otros que tienden a un descenso y también aquellos los cuales suben y bajan, sin tendencia alguna. El comportamiento normal de la medición de los grados Brix en la fresa es que con el tiempo estos se reduzcan por el mismo metabolismo de la fresa la cual consume carbohidratos para su mantenimiento, se han visto en repetidas ocasiones, incrementos en ese valor luego de que descendiera, y luego tendencias mixtas a la baja y a la suba; algo también encontrado en la medición de pH, valor el cual

teóricamente debe descender indicando un aumento de la acidez del fruto, y el porcentaje de acidez titulable, otro valor cuya tendencia normal es a incrementarse, cuyas figuras muestran más aun una enorme variación entre días de evaluación registrados. En 4 repeticiones de cada evaluación de 9 días se han visto los mismos resultados, cabe mencionar que en la primera repetición hubo un cambio de equipo, el refrigerador a usar para mantener las muestras a buen recaudo fue cambiado, en 2 ocasiones, variando las condiciones de temperatura de 5°C a 10°C, y de allí a 4°C, el valor de humedad varia también dependiendo el tiempo el cual se han hecho las pruebas, las 4 repeticiones han tomado un total de 2 meses, tiempo durante el cual la temperatura externa y el nivel de humedad han disminuido notablemente. Pero se ha visto que el factor más relevante el cual causó la disparidad en estas pruebas, fueron las mismas fresas, directamente el proveedor indica que son del mismo lote, pero no hay nada que lo garantice, aun así si las fresas pertenecieran al mismo lote de cosecha, es posible que no sean del mismo cultivar, se ha visto que las mismas fresas son distintas entre sí, a pesar de que el proveedor indica que son todas del género Chandler o Californiana, entre otros factores pueden ser que hayan varios lotes de fresa con la misma fecha indicada, pero todos esos lotes son diferentes y al final el proveedor mezcla todas las fresas de todos los lotes.

3.4.1.1. TASA DE RESPIRACIÓN

La prueba realizada de tasa de respiración, se aplicó primero en la misma fresa, para ver si los resultados eran los mismos que los valores normales de respiración de la fresa, de 3 evaluaciones, 2 han dado valores dentro del intervalo normal de respiración de la fresa, 1 ha dado un valor ligeramente menor. Verificando que la prueba está bien constituida y realizada debido a los resultados obtenidos, se han hecho las repeticiones con Plastic Wrap y nuestro biopolímero óptimo de tara, el cual para este caso se usó el método de recubrimiento por revestimiento con retazos. Los resultados obtenidos nos indican que en 16 horas, la cantidad de CO₂ emitida fue mucho menor, por lo que se puede inferir que el recubrimiento de tara fue muy efectivo a la hora de restringir el paso de gases, y por lo tanto haciendo que la fresa se conserve mejor y no madure tan pronto; debe actuar de igual modo con los factores

externos que aceleran la maduración de la fruta. Por otra parte, las fresas revestidas con Plastic Wrap han mostrado un comportamiento diferente, los valores registrados de emisión de CO_2 han sido muy altos, muy posiblemente por el hecho de que el plástico facilite la salida de este, pero que de algún modo bloquee el buen intercambio de gases normalmente en la fresa; muy posiblemente de ese modo hace que la fresa madure más rápido.

En los módulos preparados para la prueba de tasa de respiración, el resultado del blanco de medición varía con cada día que se efectuaba el procedimiento. Este método de titulación a veces permitía ver un ligero precipitado de color blanquecino al fondo de la muestra. Antes de hacer la prueba se ha verificado el valor teórico de la tasa de respiración de la fresa, según Márquez et al. (2007), tal rango de valores es de 50 a 100 mLCO_2/gh . de 20°C a 30°C . Los resultados de esta prueba están especificados en la tabla 3.7, en ella se puede observar que la fresa con recubrimiento de tara tiene el menor valor de 3.972 mg de CO_2/gh para el primer día de evaluada, en contraparte con la fresa sin recubrimiento y la fresa con recubrimiento de Plastic Wrap, luego aumentó ligeramente para el segundo día con un valor de 9.025 y finalmente para el tercer día, tenemos un valor de 8.423; en cambio los valores de la fresa con recubrimiento de Plastic Wrap fueron excesivamente elevados, así para el primer día se calculó el valor de 122.823 mg de CO_2/gh , luego descendió para el segundo día a un valor de 102.905 y por último para el tercer día con un valor de 102.603 mg de CO_2/gh ; ambas muestras se compararon con las fresas sin recubrimiento, de los cuales se obtuvo valores intermedios, así tenemos para el primer día un valor de 64.251, luego 80.735 y finalmente 80.303 mg de CO_2/gh , estos comportamientos de las tres tipos de muestra también se pueden apreciar en la figura 3.10. la cuales está presentadas a continuación.

TABLA 3.7. Evaluación de la tasa de respiración en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 3 días.

mgCO ₂ /gh	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	64.251	3.972	122.823
DIA 2	80.732	9.025	102.905
DIA 3	80.303	8.423	102.603

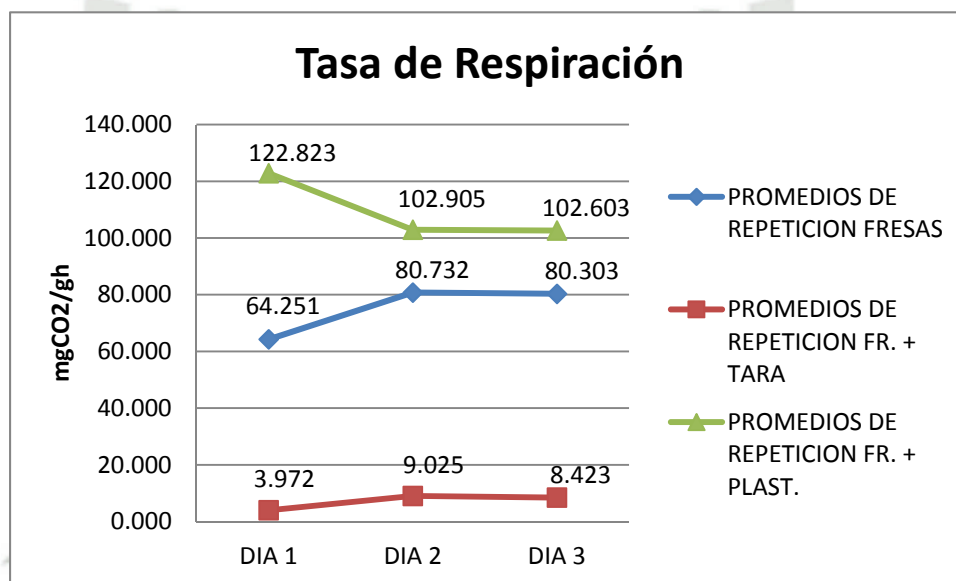


FIGURA 3.10. Perfil de medición de la tasa de Respiración corregido para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 3 días.

Estas pruebas han sido hechas bajo condiciones estándar, a 25°C, luego de 16 a 24 horas se ha podido apreciar que el índice de respiración de las fresas solamente en 3 repeticiones está dentro de los valores de literatura preestablecidos; como resultado se tiene que todas las pruebas con el recubrimiento protector de tara, han dado una tasa de emisión de CO₂ menor. Mientras que por otro lado, las fresas forradas con Plastic Wrap han tenido tasas de emisión de CO₂ mucho mayores. Véase la tabla 3.8 y figura 3.11 siguientes que indican las variaciones en la tasa de respiración en los 3 días evaluados:

TABLA 3.8. Variaciones diarias de tasa de respiración en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 3 días.

mgCO ₂ /gh	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
Δ DIAS 1-2	16.481	5.053	-19.919
Δ DIAS 2-3	-0.429	-0.603	-0.302
promedio de cambio por día	44.272	5.475	46.322

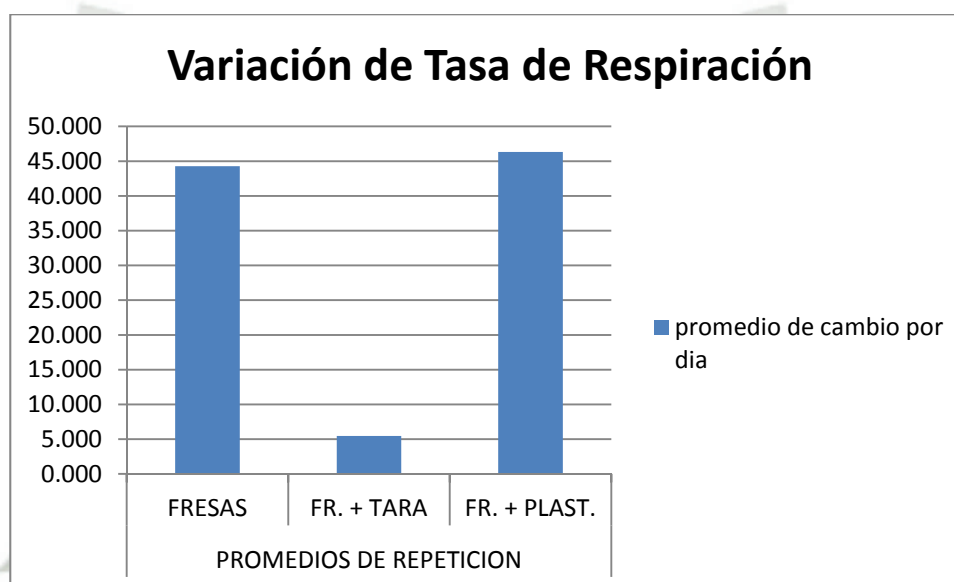


FIGURA 3.11. Perfil de variación de la tasa de respiración corregido para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 3 días.

3.4.1.2. MEDICION DE pH Y GRADOS BRUX

Los resultados fueron los siguientes, especificados en la tabla 3.9. y en la figura 3.12.

1. RESULTADOS DE pH

- Los niveles de pH para las fresas sin recubrimiento bajaron y tal medición se hizo durante 9 días, así se pudo demostrar para el primer día con una medición de 3.569 de pH mientras que en el noveno día la medición fue de 3.520.

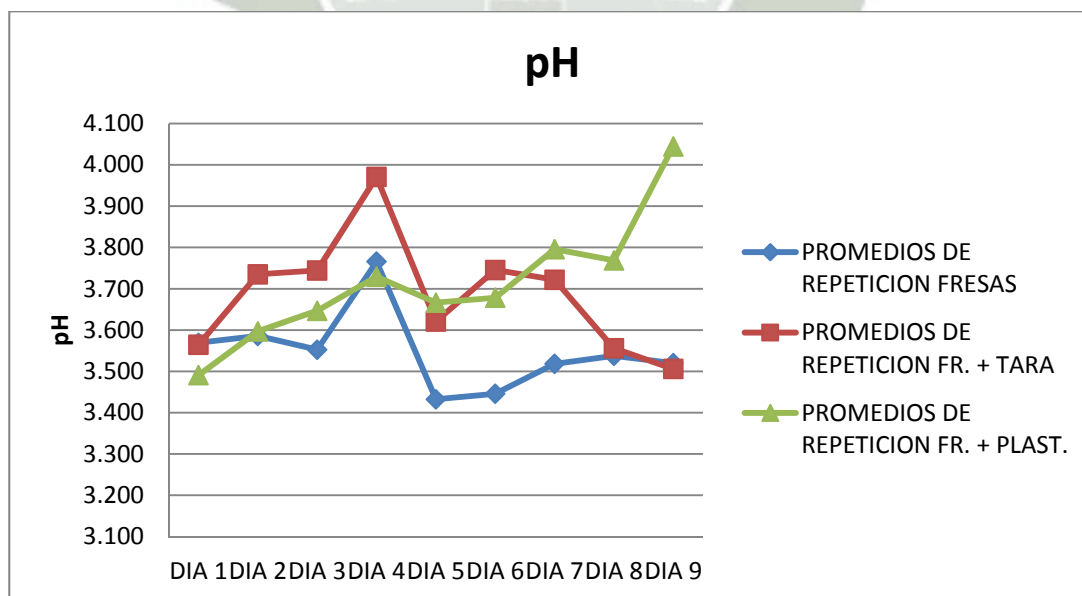
- b. Para las fresas con recubrimiento de tara sus niveles de pH también bajaron desde 3.564 en el primer día hasta 3.506, medido en el noveno día.
- c. Finalmente para las fresas recubiertas con Plastic Wrap los niveles de pH aumentaron de 3.491 para el primer día hasta un ascenso de 4.044 para el noveno día.

2. RESULTADOS DE GRADOS BRUX

- a. Los niveles de grados Brux para las fresas sin recubrimiento bajaron y tal medición se hizo durante 9 días, así se pudo demostrar para el primer día con una medición de 5.089 de Grados Brux mientras que en el noveno día la medición fue de 4.689.
- b. Para las fresas con recubrimiento de tara sus niveles de pH también bajaron desde 6.498 en el primer día hasta 5.692, medido en el noveno día.
- c. Finalmente para las fresas recubiertas con Plastic Wrap los niveles de pH aumentaron de 4.572 para el primer día hasta un ascenso de 4.903 para el noveno día.

TABLA 3.9. Resultados de evaluación de pH y °Brix en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

pH	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	3.569	3.564	3.491
DIA 2	3.586	3.735	3.597
DIA 3	3.553	3.744	3.647
DIA 4	3.766	3.971	3.729
DIA 5	3.433	3.621	3.667
DIA 6	3.446	3.746	3.678
DIA 7	3.518	3.722	3.796
DIA 8	3.538	3.556	3.769
DIA 9	3.520	3.506	4.044
°Brix	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	5.089	6.498	4.572
DIA 2	5.073	5.890	4.773
DIA 3	4.599	6.624	4.853
DIA 4	4.515	6.055	4.555
DIA 5	4.959	6.276	4.756
DIA 6	4.784	5.675	4.771
DIA 7	4.493	5.621	4.756
DIA 8	4.722	6.054	4.805
DIA 9	4.689	5.692	4.903



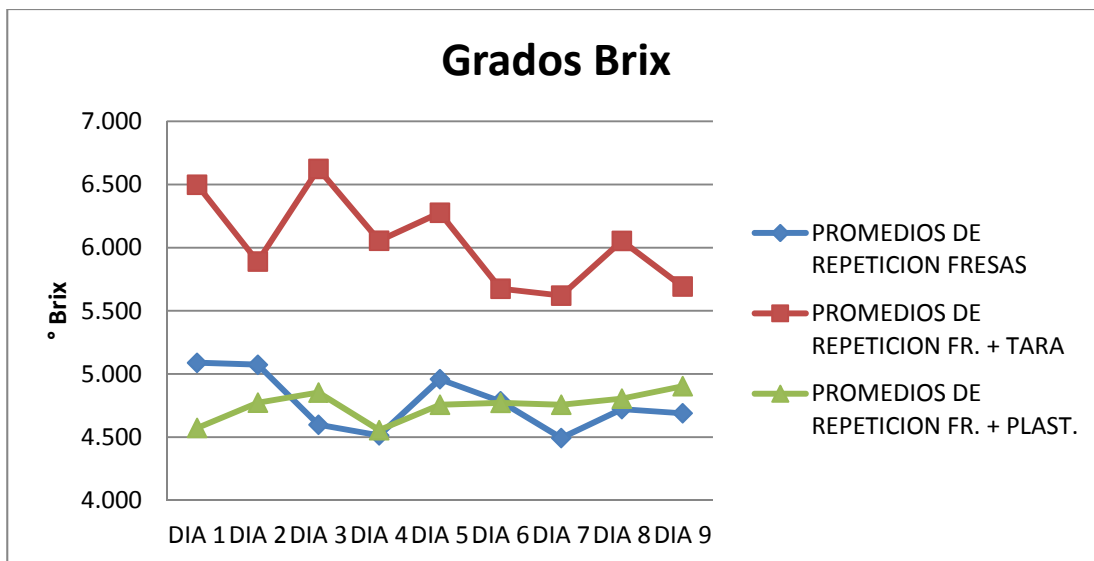
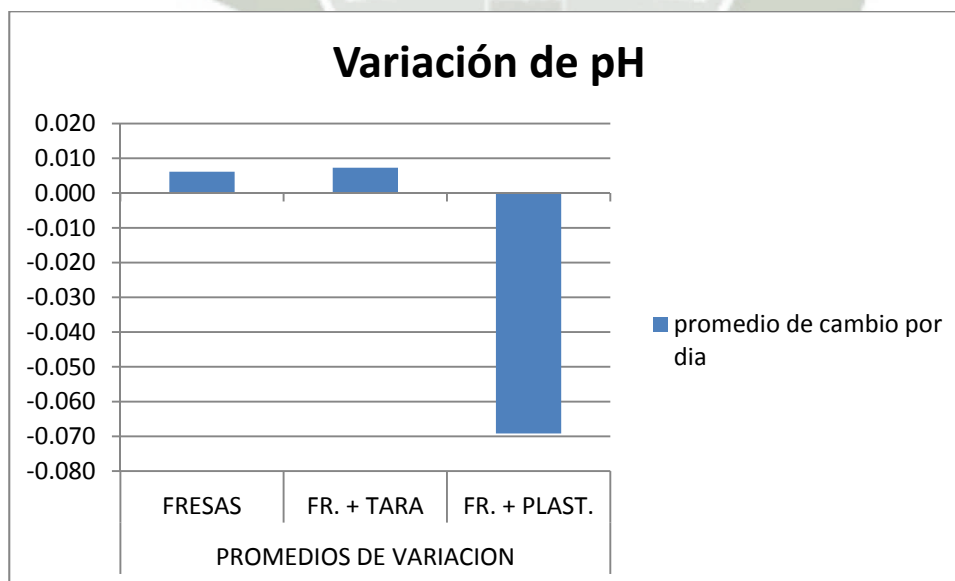


FIGURA 3.12. (pags. 119-120) Perfil de medición de pH y °Brix corregidos para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

De los resultados mostrados anteriormente tanto para pH y grados Brix se hicieron las elaboraciones pertinentes de tablas y figuras (tabla 3.10 y figura 3.13) de las variaciones que se tuvo cada día hasta el final de su evaluación, así tenemos para la medición de pH, en primer lugar, la muestra de fresas sin recubrimientos con sus respectivas variaciones diarias con valores positivos y valores negativos, obteniendo como promedio 0.006 de variación; mientras que para la muestra de fresas con Plastic Wrap también tuvo un similar comportamiento, no obstante el promedio resultante fue de -0.069 y finalmente, las muestras de fresas recubiertas con tara, inicialmente mostraron variaciones negativas pero las tres últimas variaciones fueron positivas, obteniendo como promedio final 0.007. Mientras que el caso de la medición de °Brix, para las fresas sin recubrimiento se obtuvo un promedio de 0.050, las de Plastic Wrap muestran un promedio de -0.041 y finalmente las recubiertas con tara 0.101, mostradas a continuación:

TABLA 3.10. Variaciones diarias de pH y °Brix en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

pH	PROMEDIOS DE VARIACION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
Δ DIAS 1-2	-0.017	-0.171	-0.106
Δ DIAS 2-3	0.033	-0.009	-0.050
Δ DIAS 3-4	-0.213	-0.227	-0.082
Δ DIAS 4-5	0.333	0.350	0.063
Δ DIAS 5-6	-0.013	-0.125	-0.012
Δ DIAS 6-7	-0.072	0.024	-0.118
Δ DIAS 7-8	-0.019	0.166	0.027
Δ DIAS 8-9	0.018	0.050	-0.276
promedio de cambio por día	0.006	0.007	-0.069
° Brix	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
Δ DIAS 1-2	0.015	0.608	-0.200
Δ DIAS 2-3	0.475	-0.734	-0.081
Δ DIAS 3-4	0.084	0.569	0.298
Δ DIAS 4-5	-0.445	-0.221	-0.201
Δ DIAS 5-6	0.175	0.601	-0.015
Δ DIAS 6-7	0.291	0.055	0.015
Δ DIAS 7-8	-0.229	-0.433	-0.049
Δ DIAS 8-9	0.034	0.362	-0.098
promedio de cambio por día	0.050	0.101	-0.041



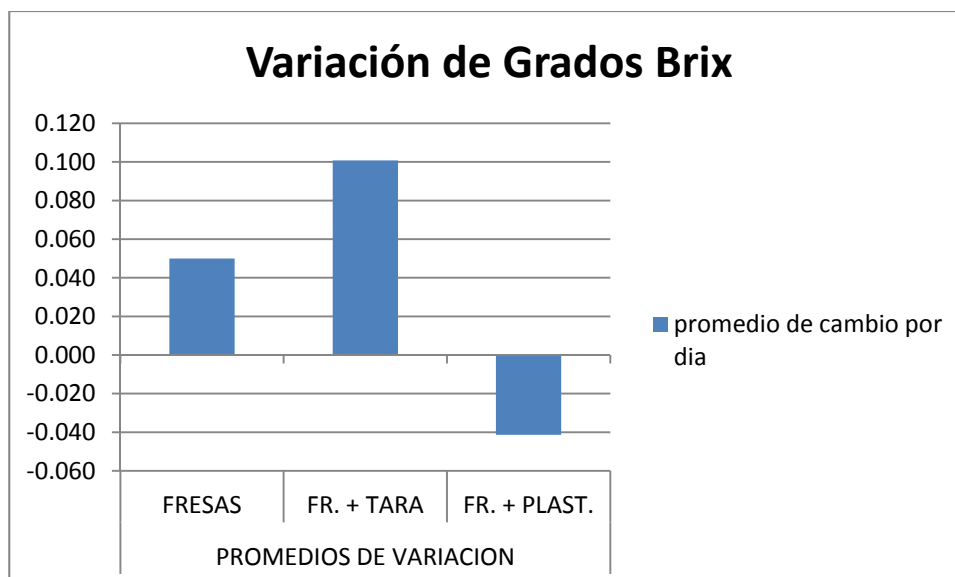


FIGURA 3.13. (pags. 121-122) Perfil de variación de pH y °Brix para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

3.4.1.3. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE

La acidez es un parámetro indirectamente obtenido por cálculo basado en el gasto de titulación con NaOH 0.1N, según fórmula. En la tabla 3.9 y figura 3.12. se detallan los promedios de 4 repeticiones de la prueba para hallar la acidez. Los resultados fueron los siguientes, especificados en la tabla 3.11. y en la figura 3.14.

- **RESULTADOS DE ACIDEZ TITULABLE:**
 - o Los niveles de acidez titulable para las fresas sin recubrimiento bajaron y tal medición se hizo durante 9 días, así se pudo demostrar para el primer día se obtuvo una medición de 0.202 % de ácido cítrico mientras que en el noveno día la medición fue de 0.198 % de ácido cítrico.
 - o Por el contrario para las fresas con recubrimiento de tara sus niveles de acidez titulable subieron desde 0.163% en el primer día hasta 0.189% de ácido cítrico, medido en el noveno día.

- o Finalmente para las fresas recubiertas con Plastic Wrap los niveles de pH bajaron de 0.210 para el primer día hasta 0.189% de ácido cítrico para el noveno día.

TABLA 3.11. Resultados de evaluación de porcentaje de acidez en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap), durante 9 días.

% de ácido cítrico	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	0.202	0.163	0.210
DIA 2	0.206	0.163	0.202
DIA 3	0.207	0.164	0.187
DIA 4	0.204	0.155	0.199
DIA 5	0.174	0.175	0.248
DIA 6	0.189	0.185	0.197
DIA 7	0.201	0.187	0.191
DIA 8	0.203	0.190	0.207
DIA 9	0.198	0.189	0.189

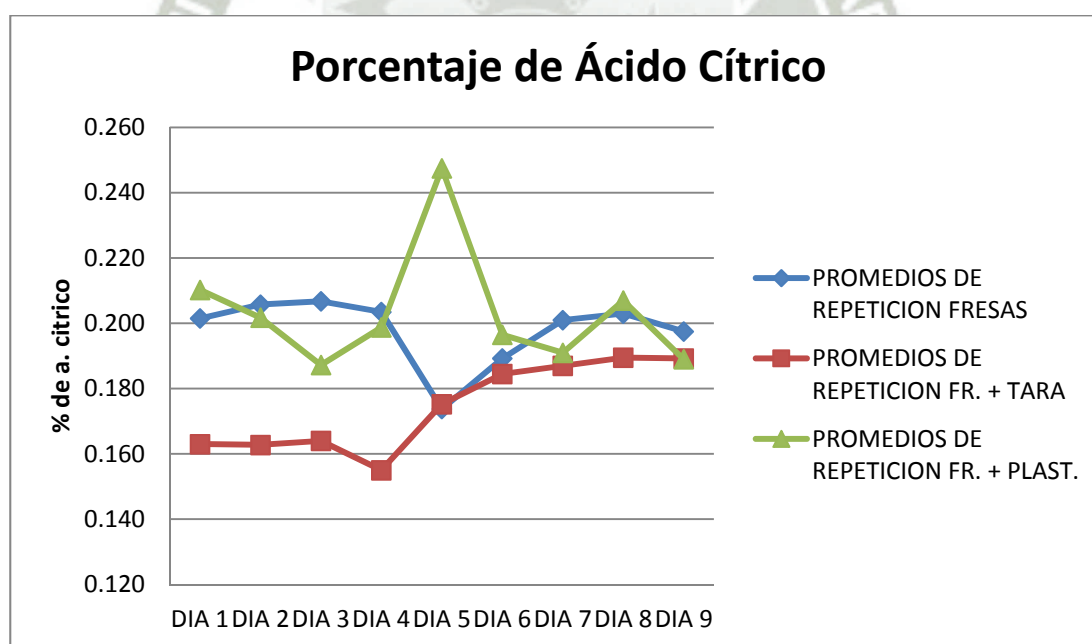


FIGURA 3.14. Perfil de medición del porcentaje de acidez para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

A continuación se muestran las variaciones diarias durante 9 días sobre porcentaje de acidez en fresas, en la tabla 3.12 y figura 3.14.

TABLA 3.12. Variaciones diarias de porcentaje de acidez en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de Plastic Wrap y fresas con recubrimiento de tara), durante 9 días.

% de ácido cítrico	PROMEDIOS DE VARIACION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
Δ DIAS 1-2	0.004	0.000	-0.008
Δ DIAS 2-3	0.001	0.001	-0.015
Δ DIAS 3-4	-0.003	-0.009	0.012
Δ DIAS 4-5	-0.030	0.020	0.049
Δ DIAS 5-6	0.016	0.009	-0.051
Δ DIAS 6-7	0.012	0.003	-0.006
Δ DIAS 7-8	0.002	0.003	0.016
Δ DIAS 8-9	-0.006	0.000	-0.018
promedio de cambio por día	-0.001	0.003	-0.003

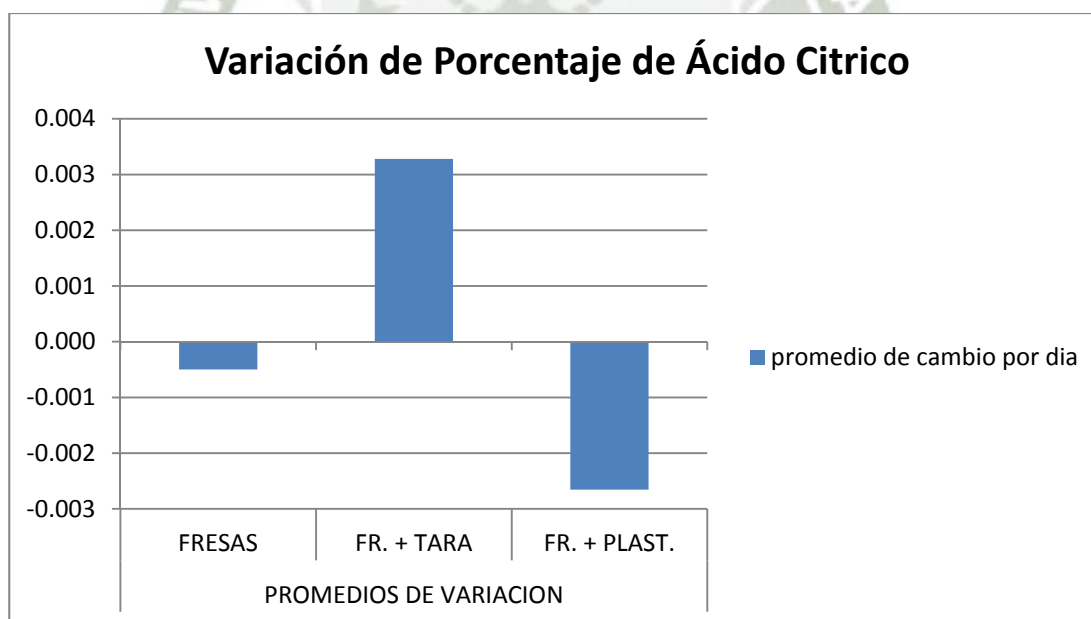


FIGURA 3.15. Perfil de variación del porcentaje de acidez para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

3.4.1.4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ

El índice de madurez es la relación entre los sólidos totales en suspensión (°Brix) y el porcentaje de Acidez. Efectuado como un cálculo, los resultados se resumen en la tabla 3.13 y en la figura 3.16 siguiente:

- RESULTADOS DE ÍNDICE DE MADUREZ:
 - Los niveles de índice de madurez para las fresas sin recubrimiento bajaron y tal medición se hizo durante 9 días, así se pudo demostrar para el primer día con una medición de 25.500, mientras que en el noveno día la medición fue de 24.070.
 - Para el caso de las fresas con recubrimiento de tara, sus niveles de índice de madurez también bajaron desde 40.106 en el primer día hasta 33.448, medido en el noveno día.
 - En cambio para las fresas recubiertas con Plastic Wrap los niveles de índice de madurez subieron de 21.928 para el primer día hasta 25.878 para el noveno día.

TABLA 3.13. Resultados de cálculo de índice de madurez en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

Índice de madurez	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	25.500	40.106	21.928
DIA 2	24.870	38.144	23.985
DIA 3	22.260	40.499	26.097
DIA 4	22.312	39.289	23.131
DIA 5	28.719	36.895	21.666
DIA 6	25.315	31.447	24.403
DIA 7	22.739	30.532	25.035
DIA 8	23.608	32.339	23.286
DIA 9	24.070	33.448	25.878

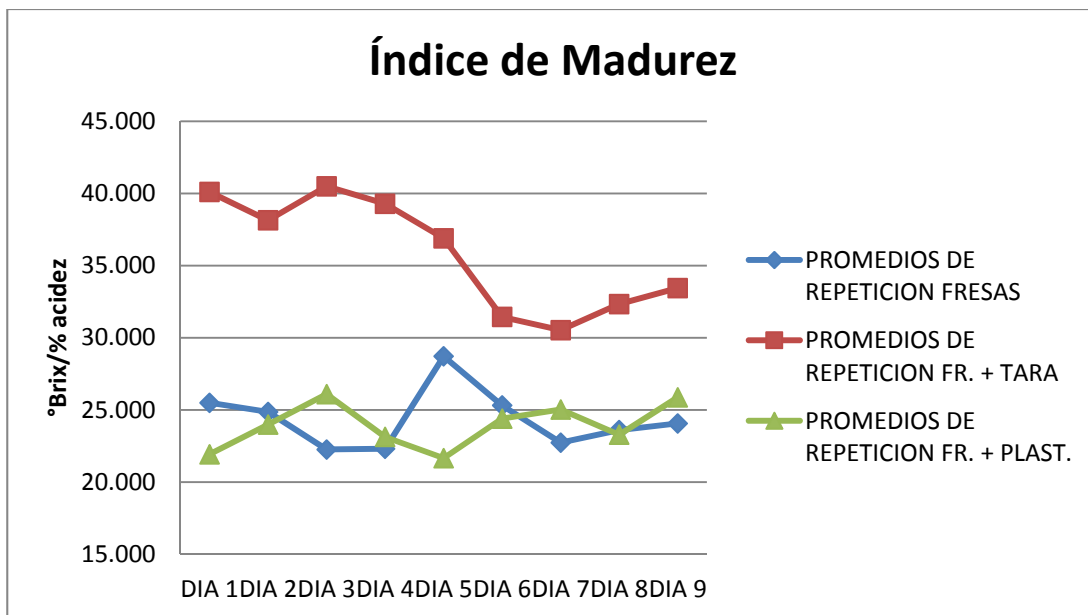


FIGURA 3.16. Perfil de medición del índice de madurez para las tres muestras, (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

Las variaciones también son, por ende, muy marcadas. A continuación se muestra la variación de este índice de madurez de las tres tipos de muestras durante un lapso de evaluación de 9 días, mostradas en la tabla 3.14 y en la figura 3.17.

TABLA 3.14. Perfil de variación de índice de madurez en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

Índice de madurez	PROMEDIOS DE VARIACION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
Δ DIAS 1-2	-0.630	-1.962	2.057
Δ DIAS 2-3	-2.610	2.355	2.112
Δ DIAS 3-4	0.052	-1.210	-2.966
Δ DIAS 4-5	6.407	-2.394	-1.465
Δ DIAS 5-6	-3.404	-5.448	2.737
Δ DIAS 6-7	-2.576	-0.915	0.632
Δ DIAS 7-8	0.869	1.807	-1.748
Δ DIAS 8-9	0.462	1.109	2.592
promedio de cambio por día	-0.179	-0.832	0.494

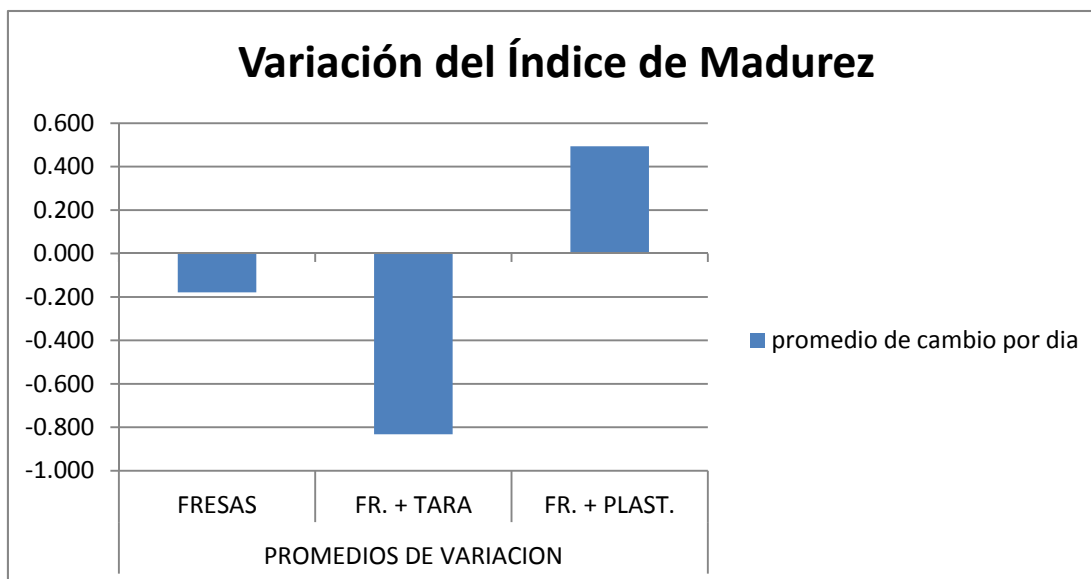


FIGURA 3.17. Perfil de variación del índice de madurez para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

3.4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS MÉCANICAS

3.4.2.1. *ESPESOR Y MICROESTRUCTURA*

En cuanto a las propiedades mecánicas, las evaluaciones que se hicieron fueron: Espesor, permeabilidad de vapor de agua y fuerza de elongación. La microestructura nos ha permitido ver su forma interna y determinar su grosor, mientras que la prueba de elasticidad nos da una idea de cuanta fuerza puede soportar antes de romperse o deformarse, su densidad y viscosidad para saber cuán robusto y manipulable puede llegar a ser y la permeabilidad al vapor de agua para saber cuánto de este retiene o deja pasar a ambos lados de la biopelícula.

Los resultados del espesor, han sido elaborados en base a un método que saca el promedio de la medición de varios puntos en la biopelícula, y esos son examinados al microscopio, el método se halla en la sección anexos, se ha podido ver una serie de estructuras lineales en las fotografías como una serie de capas, pero no se han apreciado poros en ellas, inclusive a un aumento de 500X, pero si se ha observado

aglomeraciones en los biopolímeros que contenían el aceite de canela, como si fuesen minúsculas gotas emulsificadas, no visibles al ojo humano.

Los resultados de la medición del espesor y microestructura están en la tabla 3.15 y las imágenes microscópicas de los biopolímeros, figuras de 4.18 a 4.22. En dichas imágenes una flecha indicara la medición actual del grosor.

1. BIOPOLÍMERO DE SÁBILA

- a. Resultó ser poco uniforme.
- b. Se observó que es frágil y tuvo algunas imperfecciones.
- c. Se pudo observar la dermis del biopolímero debido a esas escamas presentes.

2. BIOPOLÍMERO DE TARA

- a. Su consistencia fue gruesa.
- b. Resultó ser compacta.

3. BIOPOLÍMERO DE TARA CON GLICEROL

- a. Se observó que el espesor disminuyó con respecto al biopolímero de tara (véase la tabla 3.15.).
- b. Hubo algunas rajaduras.
- c. No obstante mostró uniformidad.

4. BIOPOLÍMERO DE TARA CON ACEITE DE CANELA

- a. Resultó ser uniforme.
- b. El espesor para este caso fue mayor que cualquiera de las otras muestras.

5. BIOPOLÍMERO DE TARA CON GLICEROL Y ACEITE DE CANELA

- Según la tabla 3.15 el espesor para este caso fue de 16.54 μm .
- Esta fue la menor medida con respecto al biopolímero de tara.
- Mostró algunas imperfecciones y rajaduras.
- Se pudo observar la estructura de su dermis.

TABLA 3.15. Espesores registrados de biopolímeros.

BIOPOLIMERO	ESPESOR (μm)
Tara	31.87
Tara + Glicerol	20.76
Tara + Aceite (de Canela)	247.06
Tara + A. de C. + Glic.	16.54
Sábila	29.71
Sábila + Glicerol	19.84
Sábila + Aceite (de Oliva)	105.6
Sábila + A. de O. + Glic.	94.51

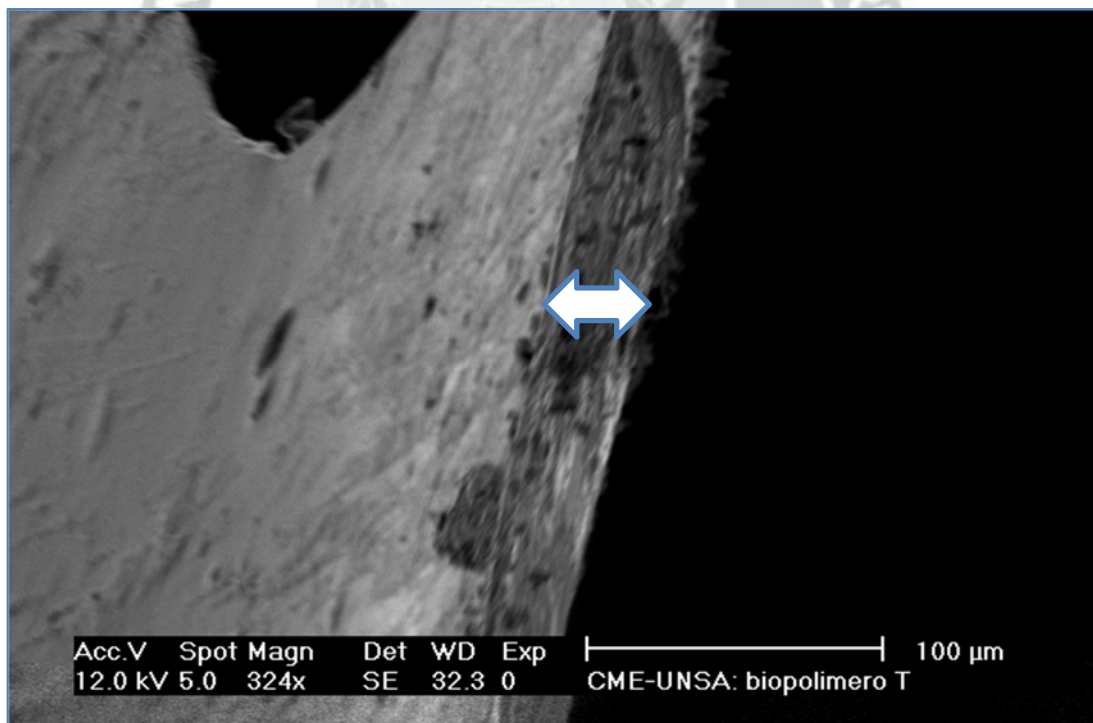


FIGURA 3.18. Microfotografía por Microscopia Electrónica de Barrido del Biopolímero de tara (flecha indica grosor).

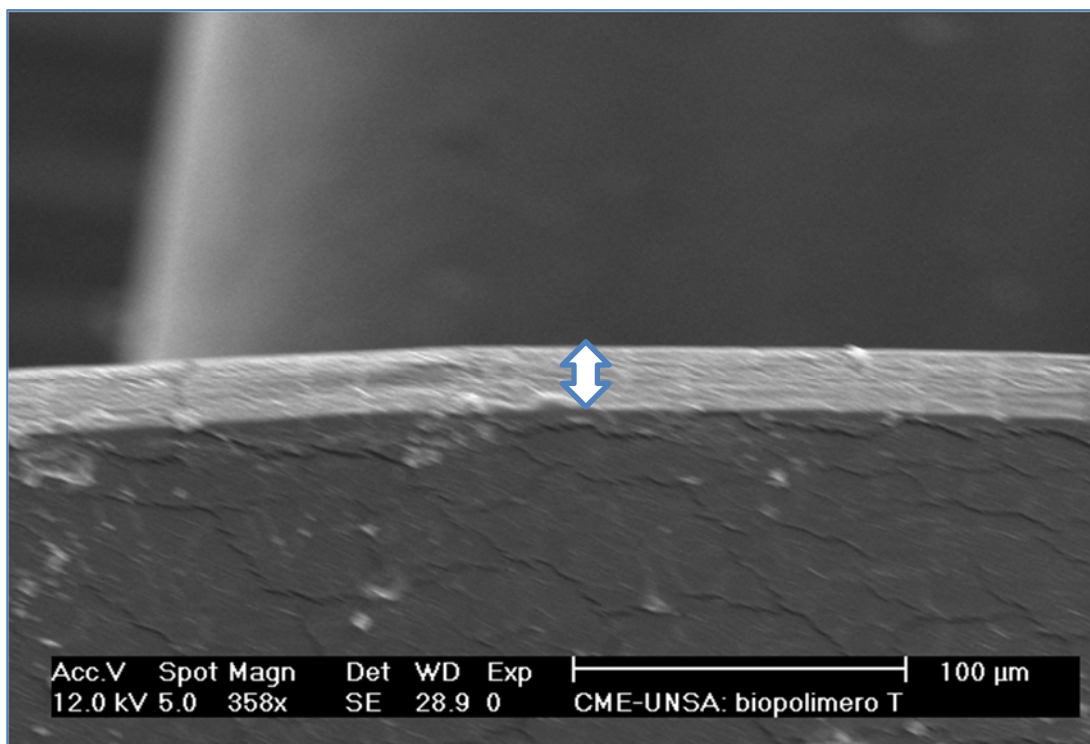


FIGURA 3.19. Microfotografía por Microscopia Electrónica de Barrido del Biopolímero de tara más glicerol (flecha indica grosor).

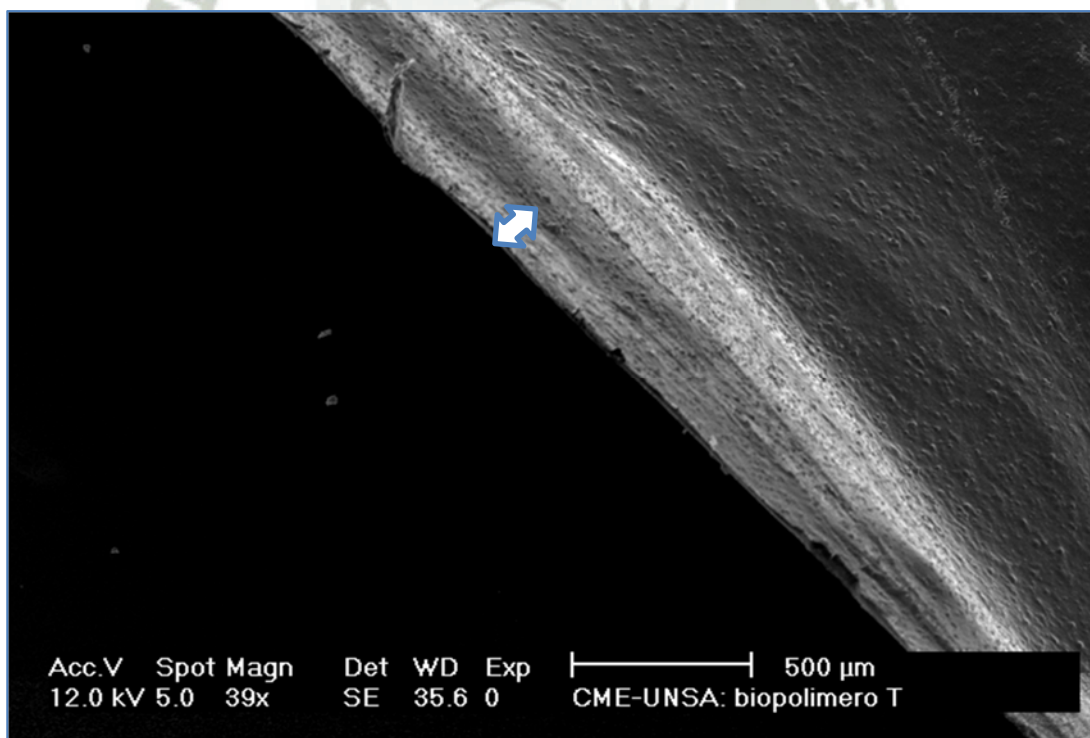


FIGURA 3.20. Microfotografía por Microscopia Electrónica de Barrido del Biopolímero de tara más aceite de canela (flecha indica grosor).

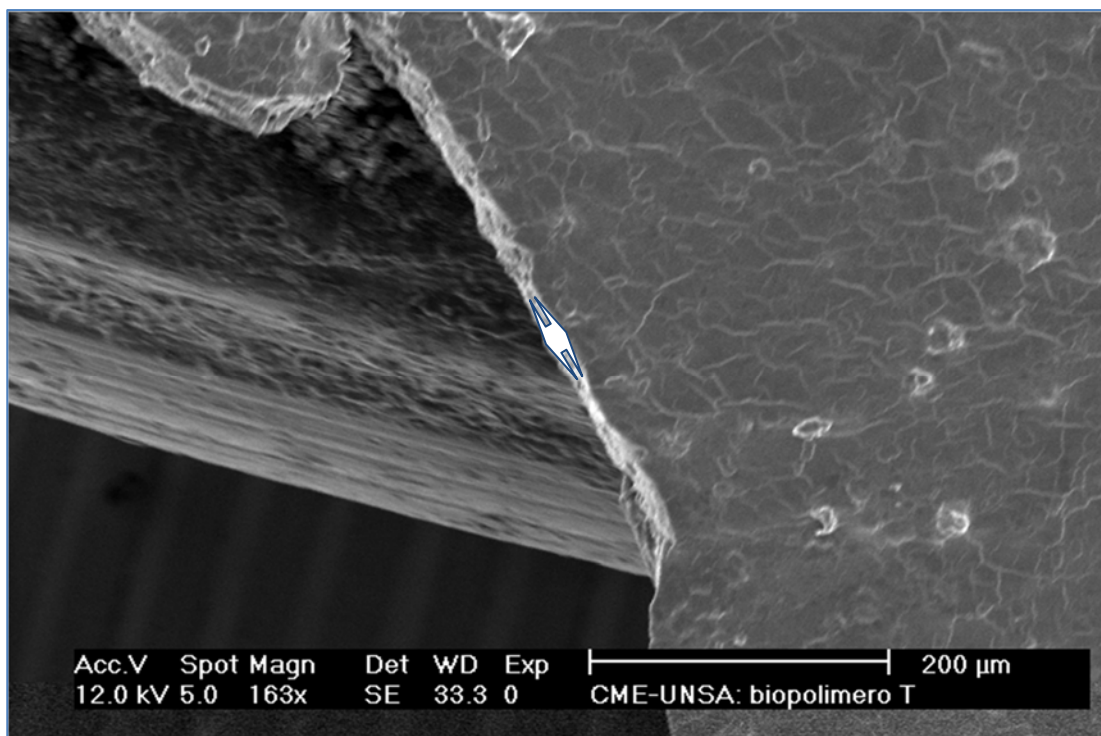


FIGURA 3.21. Microfotografía por Microscopia Electrónica de Barrido del Biopolímero de tara más aceite de canela y glicerol (flecha indica grosor).

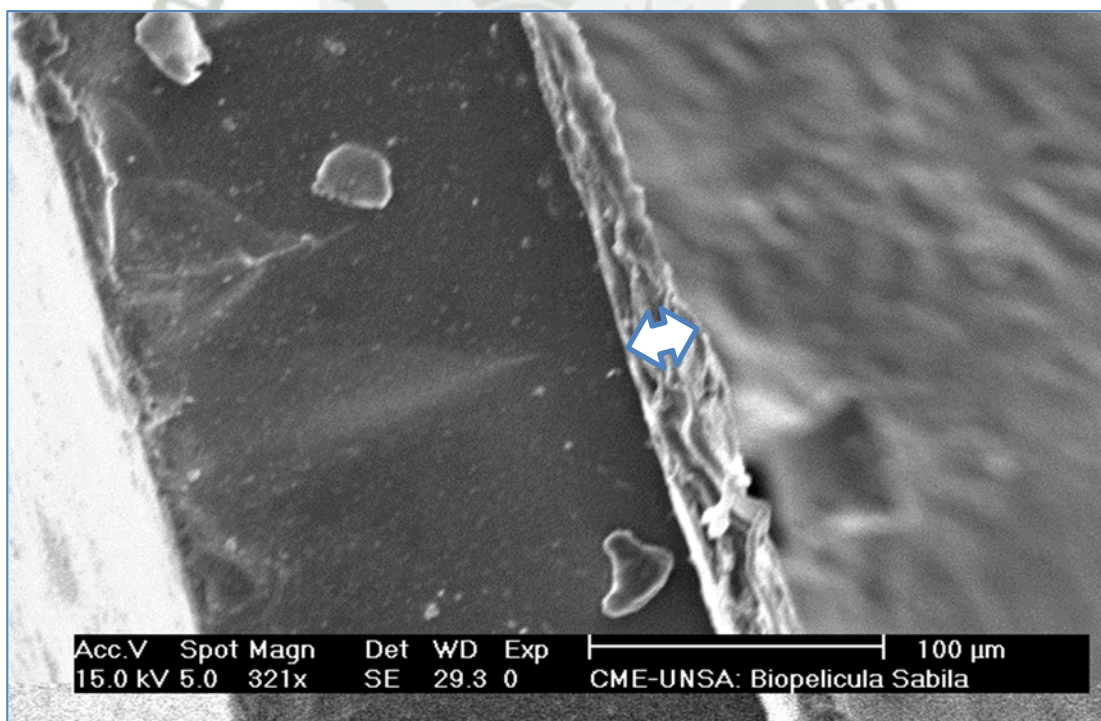


FIGURA 3.22. Microfotografía por Microscopia Electrónica de Barrido del Biopolímero de sábila (flecha indica grosor).

3.4.2.2. FUERZA DE ELONGACIÓN

Según el marco teórico consultado también hay artefactos los cuales miden directamente la tensión de elongación y la tensión puntual de un biopolímero, para ver cuanta fuerza puede aguantar; por el mismo motivo por el cual se han recurrido a otros ensayos por falta de equipo para este trabajo de investigación, la medición de la fuerza tensil ha sido hecha con dinamómetros, y se han hecho 20 mediciones con ellos en diferentes puntos de una biopelícula, con el fin de tener el resultado más verídico; los biopolímeros ganan fuerza de elongación en mayor concentración del mismo biopolímero, pero se hacen más deformables con la adición de glicerol y también la adición de aceites esenciales los hace ligeramente menos extensibles, y a la vez dificulta su buena manipulación. La sinergia entre estos plastificantes y la matriz empleada para cada uno de ellos ha generado una biopelícula óptima, con elasticidad y resistencia ideales. En general, los biopolímeros de tara han resultado ser más resistentes a la tracción y a la fuerza mecánica que los biopolímeros de sábila. Los biopolímeros de tara tienden a obtener más fuerza a la elongación al ser aditivados en general, el glicerol le otorga más flexibilidad pero hace que tenga mayor elongación si la concentración es alta; por el contrario, la adición de aceites le hace menos elástico con la concentración añadida.

Con el fin de asegurar la mayor fidelidad en los resultados, todos ellos han sido repetidos unas 3 veces como mínimo, con periodos de tiempo largos, salvo la prueba de análisis organoléptica que es realizada una sola vez. Con esto se asegura la calidad de la prueba, para que el tratamiento estadístico sea aplicado a las pruebas. Nuestros modelos empleados para el análisis de los parámetros están basados en las técnicas empleadas por Skurtys (2009), Restrepo (2010), Parente-Ribeiro (2010) y Saavedra (2010). Con pequeñas modificaciones adecuadas para nuestro trabajo, con la excepción de la técnica de Márquez (2007) que fue efectuada tal y como fue descrita.

Las pruebas de prueba de elongación han sido solo efectuadas en los biopolímeros hechos de tara y sus diversas variantes según la concentración del

aditivo añadido, tal como muestra la tabla 3.16 presentada a continuación; los resultados son los siguientes:

- Para el caso del biopolímero tara (T) sin ningún tipo de plastificante el promedio de las mediciones efectuadas fue de 0.23 N.
- Para el caso del biopolímero tara más glicerol (TG) (0.5, 0.75 y 1.0) el promedio de las mediciones efectuadas fue de 0.34 N, 0.21 N y 0.24 N respectivamente.
- Para el caso del biopolímero tara más aceite de oliva (TAO) (0.5, 0.75 y 1.0) el promedio de las mediciones efectuadas fue de 0.59 N, 0.46 N y 0.36 N respectivamente.
- Para el caso del biopolímero tara más aceite de canela (TAC) (0.5, 0.75 y 1.0) el promedio de las mediciones efectuadas fue de 0.38 N, 0.47 N y 0.69 N respectivamente.

TABLA 3.16. Promedios de medición de fuerza de elongación (N) en los biopolímeros.

Promedio	T (N)	TG 0.5 (N)	TG 0.75 (N)	TG 1.0 (N)	TAO 0.5 (N)	TAO 0.75 (N)	TAO 1.0 (N)	TAC 0.5 (N)	TAC 0.75 (N)	TAC 1.0 (N)
MEDIA	0.23	0.34	0.21	0.24	0.59	0.46	0.36	0.38	0.47	0.69

3.4.2.3. PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

La siguiente fue la prueba más difícil de realizar de todas las pruebas ensayadas para los biopolímeros y la dificultad técnica y operativa y el elevado nivel de precisión que requiere esta, ha dado lugar a muchos resultados inconclusos o erróneos; la prueba gravimétrica de la permeabilidad de vapor de agua requirió mucho control sobre una serie de variables, la temperatura interna, la humedad, la concentración, entre muchos otros, se han tenido problemas al momento de mezclar las soluciones, haciendo la medición precisa de la capacidad y altura de los líquidos en los envases, manteniendo y estabilizando la temperatura dentro de la estufa empleada para la prueba; y posteriormente haciendo los cálculos necesarios los cuales

requieren a su vez una gran cantidad de variables y hacer un tratamiento estadístico de regresión lineal y en ciertos casos cuadrática con el fin de hallar un valor que fuese válido para los resultados. Se supo de antemano que este método no es muy exacto y tiende a dar un gran porcentaje de error a la menor modificación o menor percance que este sufra.

Las pruebas para todos los biopolímeros se han realizado 3 veces para cada uno de ellos, y se han visto en todas ellas que por el ambiente acondicionado en los módulos se han hecho grietas y hoyos en los biopolímeros, eso sumado a la inconsistencia de la temperatura dentro de la estufa y los tiempos de medición, no se han tenido resultados plenamente satisfactorios. Se sugiere que se repita la medición de la permeabilidad y la tasa de transferencia de vapor de agua en ellos, pero en este caso empleando métodos automatizados y más precisos, ya que este método requiere un elevado nivel de control de los equipos y de sus variables y aun así el resultado puede distar mucho del real. En su trabajo doctoral, Bósquez (2003) utiliza cera de candelilla y goma de mezquite para recubrir limones y detalla ampliamente la técnica de medición de permeabilidad al vapor de agua empleada e incluye referencias a otras técnicas que emplean métodos más complicados que el usado en ese trabajo. De igual manera, para obtener datos coherentes y lo más correctos posibles en este trabajo se han realizado múltiples mediciones en largos intervalos de tiempo, además los módulos empleados han sido hechos a medida y muy herméticos.

Los resultados para la prueba de permeabilidad al vapor de agua, se han obtenido por regresión lineal, y en el caso de la sábila, por regresión cuadrática (véase capítulo 2.9), los cálculos completos y todo el procedimiento efectuado para obtener la tasa de transferencia y la permeabilidad al vapor de agua, para cada uno de ellos están en la sección anexos. Las tasas de transferencia y permeabilidades reportadas están en la tabla 3.17 siguiente; en ella se presenta los siguientes resultados:

- PARAFILM: La permeabilidad promedio lograda en los tres ensayos de la prueba han dado $9.679 \text{ KPa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$, lo cual nos indica que los parámetros de la prueba están muy cercanos a los preestablecidos, y que las mediciones

posiblemente tengan un valor de error bajo, dependiendo del tratamiento estadístico efectuado.

Sin embargo se han visto valores los cuales son muy extremos para ambas películas, muy bajos o muy elevados.

- **BIOPOLÍMERO SÁBILA:** Este biopolímero S, reportó un valor de permeabilidad de $2.77E+32 \text{ KPa.m}^2.\text{dia}^{-1}$, mientras que para el biopolímero SA reportó un valor negativo de $-1901.394 \text{ KPa.m}^2.\text{dia}^{-1}$ el cual es un valor de igual manera extremo, el biopolímero SG ha dado un valor cercano a la de T, siendo muy similares ambos biopolímeros, tienen un valor bajo de permeabilidad. Finalmente, el biopolímero SAG tiene una permeabilidad muy elevada.
- **BIOPOLÍMERO TARA:** Solamente el biopolímero de tara (T) tiene una menor permeabilidad al vapor de agua, su análogo con aceite de canela (TA) reporta una permeabilidad negativa. El resultado reportado por la película TG es demasiado elevado. El biopolímero óptimo TAG, tiene un valor bajo, su permeabilidad reportada es muy baja.

Mayores valores indican que el biopolímero retiene mayor cantidad de vapor de agua a cada lado de la biopelícula, impidiendo o limitando su libre transporte, valores menores indican que la configuración molecular de la muestra facilita su transporte. No obstante, se han visto datos erráticos entre la misma tasa de transferencia y permeabilidad, puede ser por los cambios de temperatura dentro de cada unidad, que ha tenido que ser expuesta varias veces por hacer las mediciones cada hora, los mismos materiales empleados para hacer los módulos, o las imperfecciones que aparecieron en las biopelículas con el paso del tiempo.

TABLA 3.17. Promedios de tasas de transferencia de vapor de agua (g/día) y Permeabilidad de vapor (Kpa.m²/día) registradas.

MUESTRA	PROMEDIO TASA DE TRANSFERENCIA (g/día)	MEDIA PERMEABILIDAD DE VAPOR (Kpa.m ² /día)
Parafilm ®	1598.300	9.679
Tara	1058.079	4.065
Sábila	-4.70E+34	2.77E+32
Tara+A.canela	645.100	-0.056
Sab.+A.canela	53741.507	-1901.394
Tara+Glicerol	10342.772	387.271
Sab.+Glicerol	28.608	3.370
Tara+A.C.+Glic	-1764.885	0.520
Sab.+A.C.+Glic	63.097	15.780

3.4.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Con el fin de determinar cuál es el principal patógeno el cual invade e infecta a las fresas, se han hecho los cultivos, lográndose obtener la cepa fúngica responsable, de igual modo para evaluar la actividad antifúngica del aditivo aceite de canela, se han hecho las pruebas que han demostrado su capacidad antimicrobiana. Según el flujograma de la Figura 2.15. Todas las siguientes pruebas son parte de los análisis microbiológicos, parámetro el cual está directamente influenciado por el contenido de aldehído cinámico en la película; con la inclusión de la prueba de conteo de colonias fúngicas.

Verificando la bibliografía de los hongos patógenos de la fresa (Alcántara et al. 2009; Cisneros-Zevallos, 2003; Vergara, 2008; Orellán, 2010), el hongo patógeno más común es el *Botrytis Cinerea*, pero en las pruebas de laboratorio se ha logrado aislar y cultivar únicamente hongos del género *Rhyzopus Sp.*, por lo cual podemos inferir que este, es el patógeno común de la fresa en esta región y en condiciones de trabajo de laboratorio, es un patógeno común el cual puede crecer incluso en entornos de baja humedad, tal vez a diferencia de este primer hongo, una suposición la cual nos indica porque no ha crecido, es tal vez la falta de humedad, entre otros patógenos como el *Mucor sp.* Y otros hongos no se han aislado ni identificado ninguno de ellos. A diferencia de lo indicado por literatura el hongo más común el cual crece como

patógeno en las fresas, aquí en la región de Arequipa es el *Rhizopus sp.*, bien puede ser por la baja humedad del ambiente, se han hecho demás cultivos con el fin de hacer desarrollar cepas de *Botrytis Cinerea*, pero ese hongo nunca se ha desarrollado bajo las mismas condiciones del desarrollo del mismo.

3.4.3.1. PRUEBA DE INFECCIÓN FÚNGICA

Los resultados están en la tabla 3.18 y en la figura 3.23. En los primeros días que se hicieron las observaciones no se han visto, en ninguna muestra colonias o muestras de infección, sin embargo a partir del 5 y 6to días, se han empezado a observar pequeñas motas blancas, las cuales en las muestras de Fresas y Fresas con Plastic Wrap, han ido en aumento, más aún en esta última muestra. Mientras que la curva de Fresas con Tara, el número siempre ha sido bajo, además de tener indicios de colonias recién al sexto día, comparando con las fresas sin recubrimiento con un valor de 2 colonias al quinto día y para las muestras de fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, presentaba indicios de colonias inclusive al cuarto día. Los resultados finales hasta el noveno día, muestran un aumento considerable de colonias por parte de las fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, dando un valor de 72 colonias en promedio, mientras que los valores menores fueron reportados por la fresa con recubrimiento de tara con 3 colonias reportadas, estas dos muestras comparadas con las fresas sin recubrimientos con un valor final de 37 colonias; todo ello se demuestra en la tabla 3.19 y figura 3.24 siguientes, que nos permiten ver cuánto fueron los incrementos en el crecimiento de colonias fúngicas entre días.

TABLA 3.18. Promedio de conteo de colonias fúngicas en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de Plastic Wrap y fresas con recubrimiento de tara), durante 9 días.

colonias	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	0.000	0.000	0.000
DIA 2	0.000	0.000	0.000
DIA 3	0.000	0.000	0.000
DIA 4	0.000	0.000	0.490
DIA 5	2.250	0.000	3.414
DIA 6	5.167	0.083	10.334
DIA 7	10.835	0.748	17.751
DIA 8	20.164	2.249	29.084
DIA 9	37.251	3.085	72.166

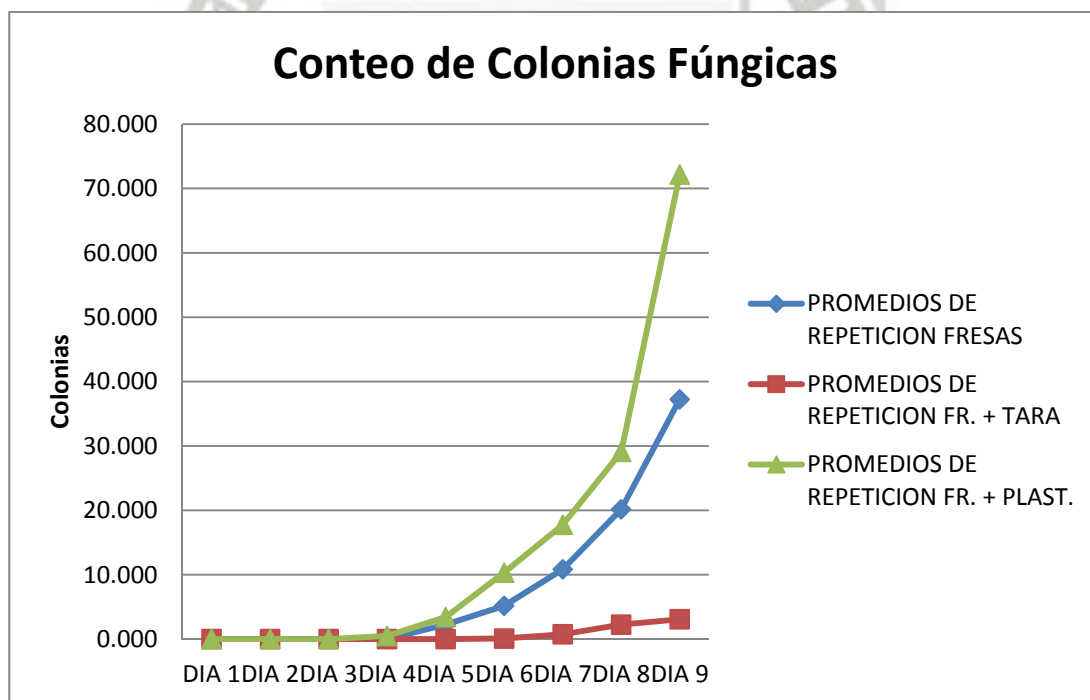


FIGURA 3.23. Perfil de promedios de conteo de colonias fúngicas para las tres muestras fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de Plastic Wrap y fresas con recubrimiento de tara), durante 9 días.

TABLA 3.19. Variaciones de conteo de colonias fúngicas en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de Plastic Wrap y fresas con recubrimiento de tara), durante 9 días.

colonias	PROMEDIOS DE VARIACION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
Δ DIAS 1-2	0.000	0.000	0.000
Δ DIAS 2-3	0.000	0.000	0.000
Δ DIAS 3-4	0.000	0.000	0.490
Δ DIAS 4-5	2.250	0.000	2.924
Δ DIAS 5-6	2.917	0.083	6.920
Δ DIAS 6-7	5.668	0.666	7.417
Δ DIAS 7-8	9.329	1.501	11.334
Δ DIAS 8-9	17.087	0.836	43.082
promedio de cambio por día	4.656	0.386	9.021

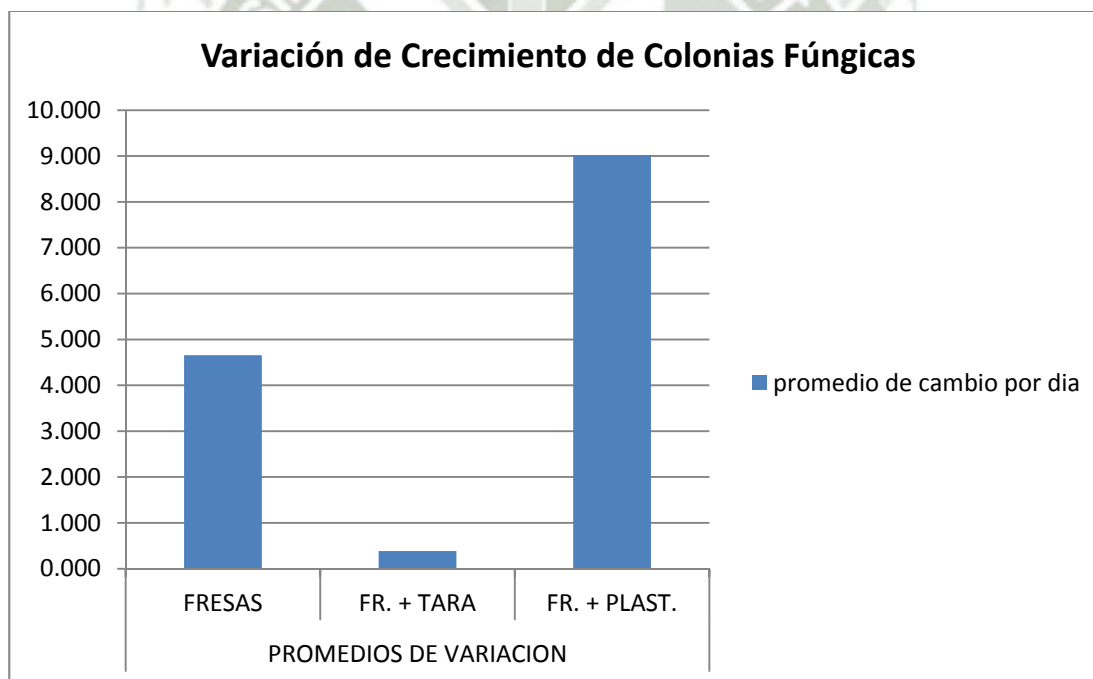


FIGURA 3.24. Perfil de variación de conteo de colonias fúngicas para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

3.4.3.2. OBTENCIÓN DE CEPAS RELACIONADAS A LAS INFECCIONES EN FRESAS

En el trabajo de Vergara (2008) se hacen pruebas con múltiples hongos, así la técnica fue adaptada para aislar, solo los más probables patógenos. La colonia de hongos que creció tiene un aspecto blanquecino, es compacta y ligeramente plumosa. Una vez que esta fue cultivada en un medio Saboraud en placa Petri, el hongo resultante en 14 días fue un hongo de color blanco, plumoso, uniforme, con el anverso de color mostaza y amarillo. Esta prueba preliminar macroscópica define al patógeno como *Rhizopus sp.* Así que se hizo un repique de este hongo para obtener una muestra y evaluarla al microscopio, se han podido ver esporangioforos típicos del género, el cual tenía a los esporangios emanando sus esporas, además de otras tomas en las que se ven los rizoides y las esporas de este hongo vistas a 60X y 100X; tal como se muestra en la siguiente figura 3.25 presentada a continuación. Se pudo confirmar que el patógeno responsable es *Rhizopus sp.*

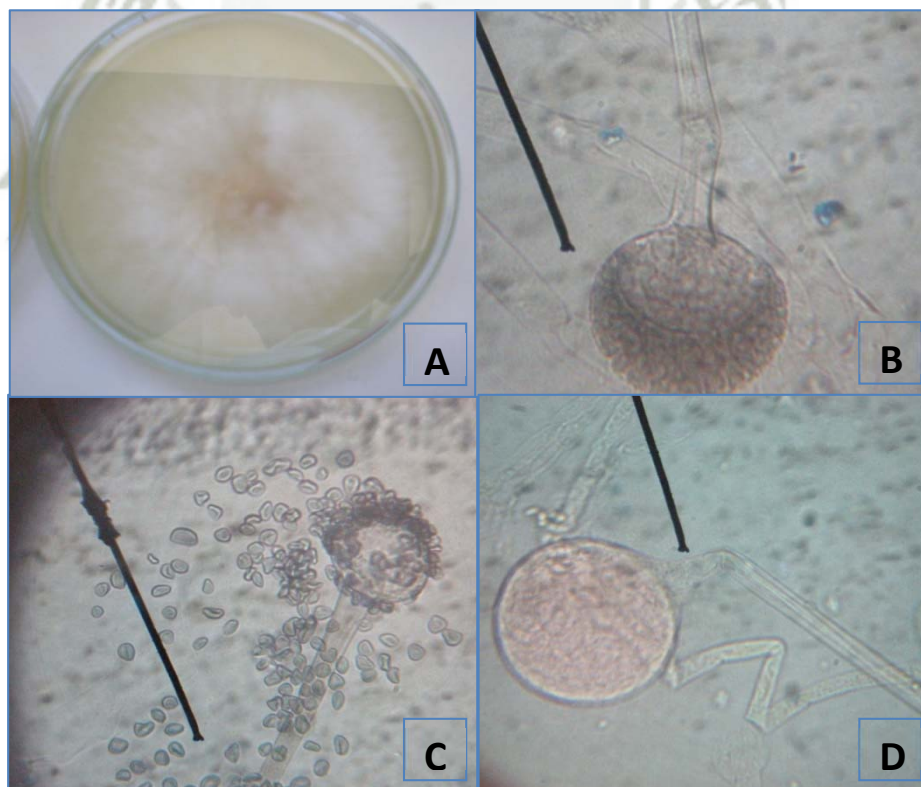


FIGURA 3.25. Cultivo y examinación macroscópica – microscópica del hongo *Rhizopus sp.* Patógeno de Fresa. A) Vista macroscópica, B-C) Observaciones a 40X, D) Observación a 100X

3.4.3.3. DETERMINACIÓN DE LA CMI (CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA)

Para poner a prueba la eficacia del aceite de canela como agente antimicrobiano, las pruebas han sido en general dos, primero se ha probado su eficacia a la concentración en la cual fue puesto al biopolímero, se ha observado que ha habido una inhibición de crecimiento del 100%, no se han encontrado, ni bacterias ni hongos en las placas Petri cultivadas con el aditivo de aceite de canela. Luego se hicieron pruebas para hallar la CMI (Concentración Mínima Inhibitoria), una primera prueba indicó que esta concentración se podía ubicar entre las diluciones 1/100 y 1/1000, que supondrían una concentración entre 0.01 y 0.001, luego de una siguiente prueba más exhaustiva se ha hallado la concentración correcta expresada como aldehído cinámico, el cual es el componente responsable de la capacidad antimicrobiana del aceite de canela, el valor es de 10.49mg/mL.

Se puede apreciar que, con la concentración empleada mínima para la confección del biopolímero, esta cantidad de aceite de canela ha inhibido el crecimiento de hongo en las 3 pruebas, solo se ven las marcas de la punción. Mientras que los controles muestran que la prueba ha sido realizada correctamente, el control negativo indica que no hubo contaminación, y el positivo permitió el desarrollo normal del hongo como prueba. Las fotografías de los resultados de la prueba de CMI están en la figura 3.26. La concentración mínima inhibitoria (CMI) ensayada para el aceite de canela se realizó con el método de diluciones sucesivas, estas fueron diluciones de una mezcla 1:1 de aceite de canela y Tween 80, diluidas en caldo Saboraud, los 4 primeros tubos que van de un rango de dilución de 1/10 a 1/100, 1/1000 a 1/10000, cuyas concentraciones vendrían a ser 0.1, 0.01, 0.001 y 0.0001 respectivamente; con sus respectivos controles han dado los resultados visibles después de 7 días en la figura 3.27.

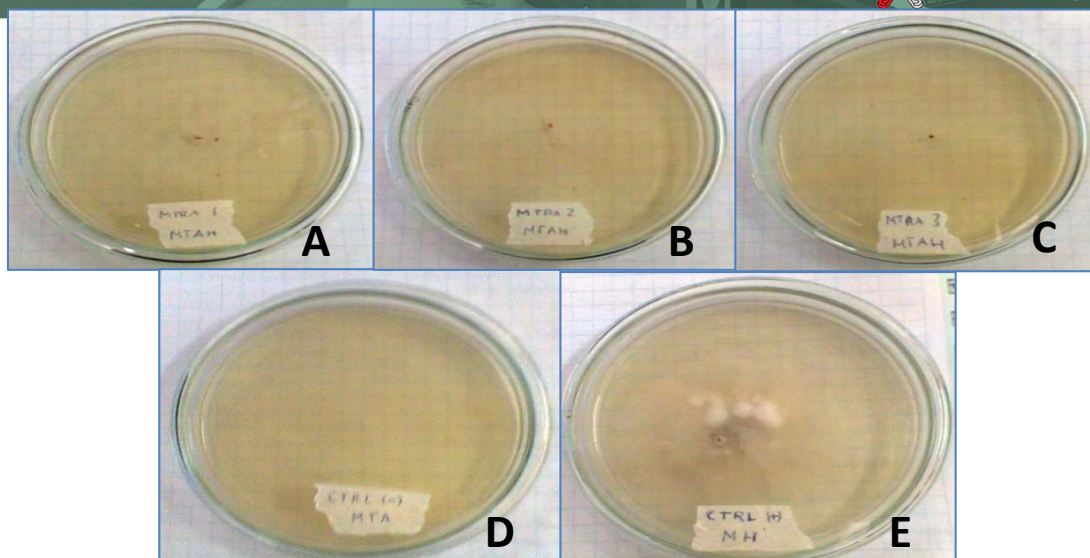


FIGURA 3.26. Ensayo de concentración óptima de biopolímero de tara en cultivo en placa Petri, placas muestra (arriba) y placas control (abajo): A-C) Muestras de evaluación Hongo, Tara, Aceite de Canela e Inoculación de hongo (3 repeticiones), D) Control Negativo (sin hongo), E) Control Positivo (sin aceite de canela).

Según las fotografías y en correlación con los resultados en las evaluaciones iniciales en tubo por prueba de dilución, se ha visto que las concentraciones mayores de 1/10 y 1/100 siguen claras, así también el tubo a 1/1000, y claramente el tubo a 1/10000 ha permitido el crecimiento del hongo, se puede apreciar el tubo control positivo en el costado derecho. Luego de tomar muestras de cada una y observarlas al microscopio se han encontrado pocas hifas, micelios, y esporangióforos desarrollados en el tubo 1/1000 (0.001).

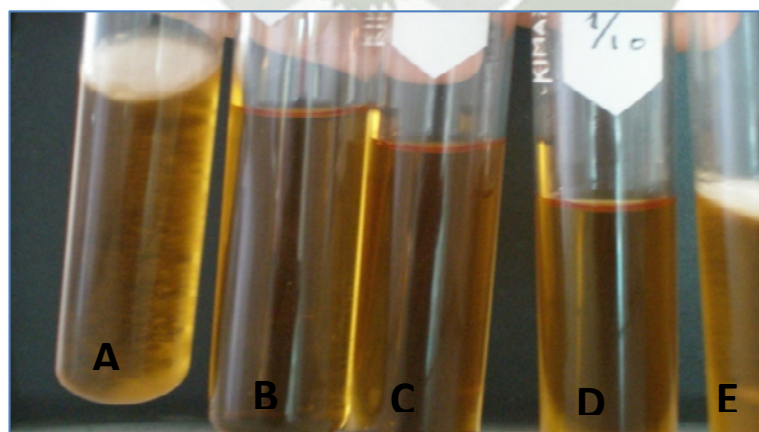


FIGURA 3.27. Ensayo de CMI mediante diluciones seriadas: Concentraciones de Aceite de Canela A) 1/10000, B) 1/1000, C) 1/100, D) 1/10, E) Control sin aceite.

Se ha repetido el experimento, desde concentraciones de 1/100, 1/200 y 1/300 y así sucesivamente hasta 1/900. Las concentraciones han sido directamente puestas con micro pipeta y no mediante dilución seriada. Se pueden ver los resultados luego de 7 días en la figura 3.27. Según la figura 3.28 se ha podido apreciar que sólo a 1/100 de su concentración no hay crecimiento fúngico, más si lo hay en los demás tubos.

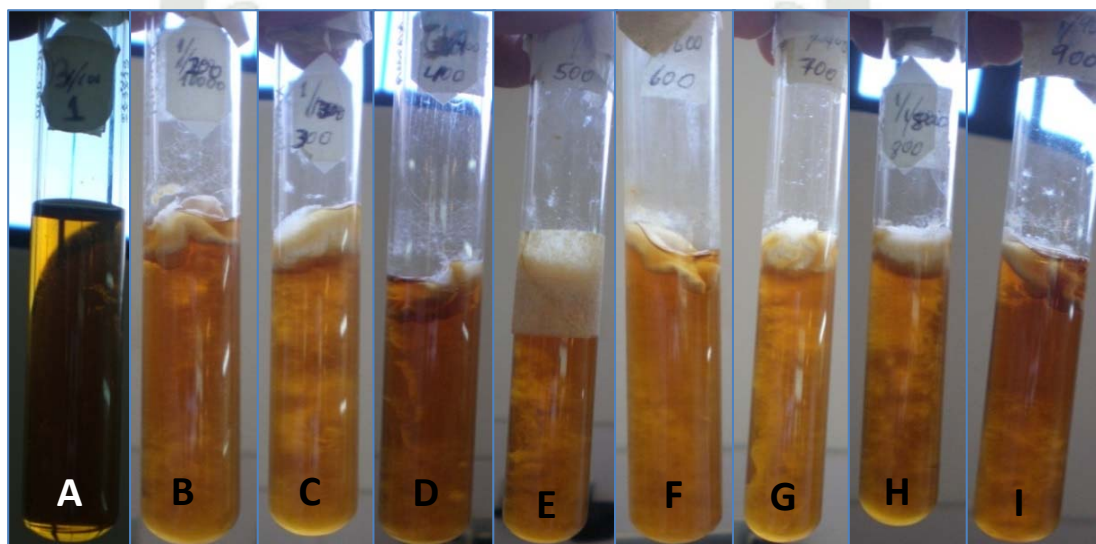


FIGURA 3.28. Ensayo de CMI entre las diluciones de 1/100 a 1/900: A)1/100, B)1/200, C) 1/300, D)1/400, E)1/500, F)1/600, G)1/700, H)1/800, I)1/900

La cantidad que corresponde a concentración mínima inhibitoria del aceite de canela es de 0.01mL, siendo la empleada para los biopolímeros óptimos, 0.075mL para 30mL de biopolímero. Para estimar la cantidad de aldehído cinámico mínima que corresponde a 0.01mL de aceite de canela, se tiene el dato de la densidad del aceite de canela que es de 1.049g/mL, por cálculo esto corresponde a 0.01049g de aldehído cinámico en esa cantidad mínima de volumen. Siendo la concentración mínima 10.49mg/mL aproximadamente de aceite de canela. Y la concentración utilizada en 30mL de biopelícula de tara optima de 78.66mg/mL.

3.4.3.4. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS RECUBRIMIENTOS DE HIDROCOLOIDES

Es muy probable que el mismo material del biopolímero tenga un nivel de actividad antimicrobiana, por lo cual se quiso evaluar del mismo modo si una posible sinergia entre el biopolímero de tara y el aceite de canela genera un nivel de inhibición que pueda ser medido, pero por ciertas interferencias en la medición por la súbita aparición de bacterias en las pruebas realizadas, no se han podido llegar a tener conclusiones claras; se sabe que por teoría el único polisacárido que tiene propiedades anti-microbiológicas es el quitosano, cuya estructura molecular es muy diversa del galactomanano del cual está hecha la goma de tara, además de no haber referencias bibliográficas de ninguna clase que indiquen alguna capacidad de este tipo para los galactomananos o los taninos de la *Caesalpinia spinosa* ni para ninguna planta cercanamente relacionada.

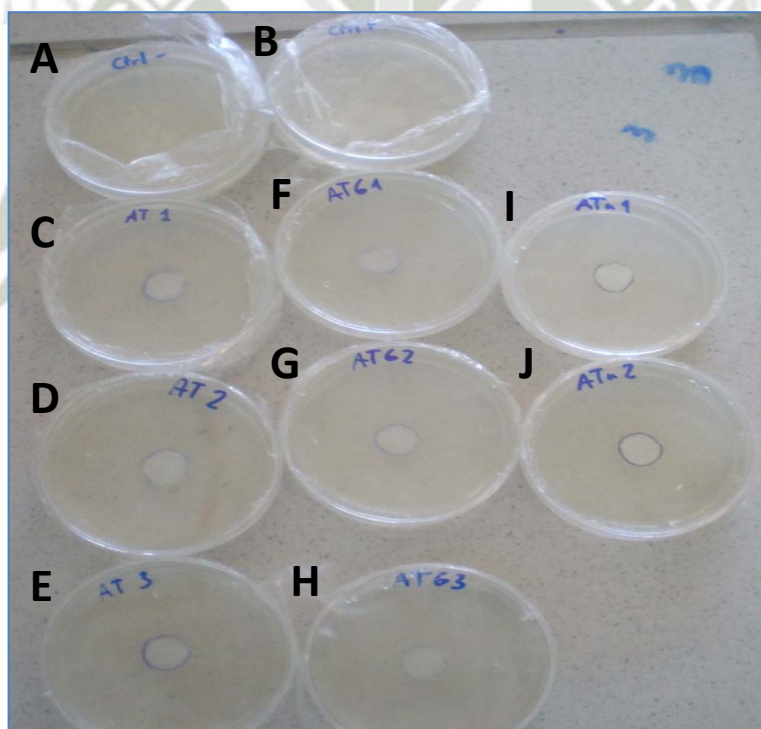


FIGURA 3.29. Placas de la evaluación de la actividad antimicrobiana de los hidrocoloides: A-B) Placas control, C-E) Placas Aceite en Papel (AT), F-H) Placas Biopolímero óptimo de tara (ATG) e I-J) Placas de biopolímero de tara solamente (ATn).

Los resultados de esta prueba han sido inconclusos, ya que desfavorablemente los biopolímeros de tara y los papeles filtro empapados no han sido adecuadamente esterilizados y dentro de los medios se han dado crecimiento de bacterias y hongos, indistintamente de la placa, por la saturación de colonias de bacterias no se ha podido determinar los halos de inhibición con exactitud, mayor explicación a este evento se halla en el capítulo 4. Se pueden ver los resultados en la figuras 3.29 y 3.30.

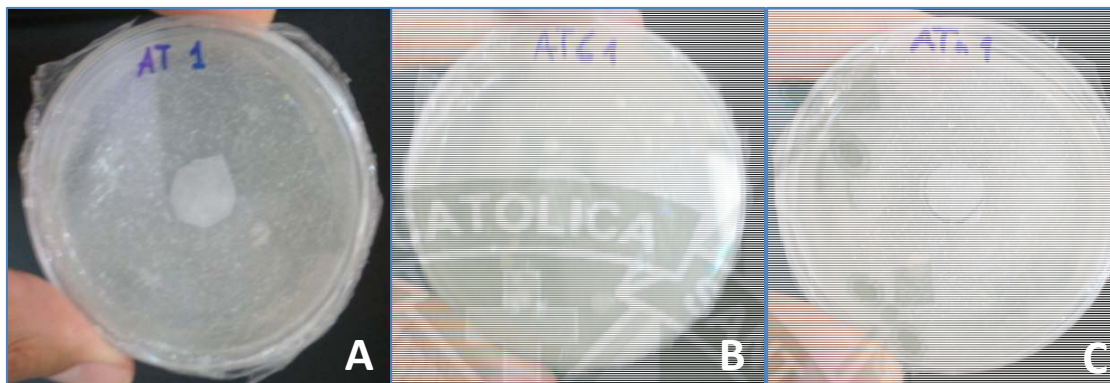


FIGURA 3.30. Resultado de placas de la evaluación de la actividad antimicrobiana de los hidrocoloides A) Papel Aceitado, B) Biopol. De Tara Optimo, C) Disco de Tara.

Todas estas pruebas realizadas nos indican que un biopolímero de tara, con aceite de canela y glicerol como antifúngico y plastificante respectivamente, forman un recubrimiento el cual, además de que le confiere protección contra microbios, le dotan de un sabor y aroma agradable, retrasan su maduración y le dan un buen aspecto, se podría inclusive consumir como parte del alimento; pero las pruebas efectuadas en el polímero de sábila indican lo contrario. Hay también ciertas diferencias entre los diferentes métodos ensayados solo como película y junto con la fresa como recubrimiento; por ejemplo: el recubrimiento de tara, según los datos debió mantener un nivel de acidez con una tendencia al aumento, el pH del fruto debió mantenerse bajo y no experimentar subidas ni bajadas tan pronunciadas, el índice de madurez debió mantenerse, en comparación con la fresa nativa y la fresa con Plastic Wrap; los grados Brix, están también modificados por el mismo hecho que el biopolímero contiene carbohidratos complejos en él, para las pruebas se ha considerado como parte del fruto ya que este recubrimiento es parte integral del

alimento, a diferencia del Plastic Wrap, por ser orgánico, comestible y biodegradable; además de que el carácter del mismo estudio es comparativo.

3.4.4. RESULTADOS DE OTROS ENSAYOS

Las pruebas de densidad y viscosidad aplicadas a la solución de hidrocoloíde junto a otros dos ensayos aplicados al biopolímero con la fresa están consideradas como “Otros” Ensayos, véase la figura 2.15.

3.4.4.1. PRUEBA DE DENSIDAD Y VISCOCIDAD

Las pruebas de densidad y viscosidad se han realizado en 3 días, viéndose que no había variación alguna pasados los 3 días en la densidad, pero si se ha visto que la viscosidad bajo las mismas condiciones si tiende a cambiar y se ha visto más claramente en las mezclas de tara que esta se reduce con el paso del tiempo, la viscosidad inicial es mayor, pero ese parámetro solo fue observado con la medición directa, porque de por sí solamente, no se ha visto un cambio muy notable, los plastificantes suelen darle una menor viscosidad.

Otros ensayos efectuados en los biopolímeros fueron las pruebas de densidad de las soluciones y la viscosidad de estas, estos ensayos están relacionados con sus propiedades reológicas para cuando estas aún son soluciones formadoras o matrices estructurales de biopolímero, no se ha llegado a tener las propiedades de todas las soluciones formadoras, pero se han analizado las más importantes, las soluciones formadoras simples (solo tara y sábila) y las soluciones formadoras óptimas (con sus aditivos), tal como muestra en la siguiente tabla 3.20.

1. DENSIDAD

- a. La densidad de los hidrocoloides fue muy cercana al agua destilada (1 g/cm^3 a 25°C).
- b. El de la sábila tiene un valor más cercano al agua.

- c. La tara es ligeramente más densa, no siendo mucha la diferencia con respecto al de la sábila.

2. VISCOSIDAD

- a. La viscosidad del hidrocoloíde formador de biopolímero de tara, que fue diluido en 10 volúmenes de agua peso/peso, es muy alta, típica de una solución de galactomananos.
- b. En cambio, la solución óptima para biopolímero de tara, es mucho menos viscosa.
- c. Y la viscosidad de la sábila es bastante baja.
- d. La solución óptima de sábila junto con sus aditivos hacen que sea ligeramente más densa.
- e. La viscosidad general de soluciones de sábila es aproximadamente 6 veces menos que las soluciones hechas con hidrocoloíde de tara.

TABLA 3.20. Densidad y viscosidad de los hidrocoloides de hojas de sábila y semillas de tara.

MUESTRA	PROMEDIO DENSIDAD (g/mL) (a 22.5°C)	PROMEDIO VISCOCIDAD (cP)	CONDICIONES (P. VISCOCIDAD)
Tara	1.028	2682.333	Pin 3, 40 RPM, 22.6°C
Sábila	1.027	32.000	Pin 2, 40 RPM, 22.4°C
Tara+A.C.+Glic	1.033	200.333	Pin 2, 40 RPM, 22.2°C
Sab.+A.C.+Glic	1.002	68.667	Pin 2, 40 RPM, 22.3°C

3.4.4.2. PRUEBAS ORGANOLÉPTICAS

Los resultados de la prueba organoléptica, realizada con el panel de 10 personas han dado resultados clasificables de regular a bueno, en general el recubrimiento cumple su función de mantener la fresa, además de dotarle de buen sabor y un agradable aroma al gusto, sin embargo todos los panelistas han coincidido en que su apariencia externa del fruto no es la mejor, y que puede mejorarse, una forma que hacerla más agradable a la vista es hacer un biopolímero más transparente

y también una forma de recubrimiento más uniforme y pareja, el nivel de apreciación del recubrimiento en general es bueno, sin embargo no es el adecuado para hacer de él un producto alimentario, mucho menos comestible.

El panel para las pruebas organolépticas que ha consistido de 10 personas diferentes, en base a la encuesta realizada, han dado por resultado los siguientes datos, luego de analizarlas sensorialmente, han escrito sus resultados, junto con sus descripciones y apreciaciones del producto, los cuales están resumidos en la tabla 3.21.

- Las apreciaciones generales de los panelistas en cuanto al color externo fueron de neutras a positivas. Salvo una excepción que fue desfavorable.
- El color del mismo recubrimiento es claro y transparente, ligeramente marrón o beige, aunque dependiendo del fruto escogido puede ser más opaco ya por el recubrimiento siendo más grueso en algunas áreas de la fresa, el uso de aditivo glicerol hace en general biopolímeros más claros y translucidos.
- El sabor de la fresa tuvo en general buena apreciación.
- El olor que emite es perceptible sin ser demasiado notable.
- En cuanto al aroma que emite el recubrimiento junto con la fresa, se ha visto un aprecio general por este, el olor es característico del aceite de canela.
- Por otra parte, la textura fue un valor muy variable.
- El aspecto externo fue, en promedio, la característica que tuvo menor calificación.

TABLA 3.21. Ponderación a cada uno de los parámetros de evaluación organoléptica de frutos de fresa con recubrimiento de tara.

PANEL DE PRUEBAS ORGANOLEPTICAS							
#	COLOR EXTERNO	SABOR	OLOR	AROMA	TEXTURA	ASPECTO EXTERNO	SUMATORIA
1	3	4	3	3	4	2	19
2	5	4	2	5	1	4	21
3	2	5	3	3	3	4	20
4	3	3	4	2	5	2	19
5	4	3	2	3	1	1	14
6	3	2	4	4	3	3	19
7	3	3	2	4	4	4	20
8	4	3	4	3	4	3	21
9	3	3	2	3	2	3	16
10	3	4	4	3	3	3	20

3.4.4.3. PÉRDIDA DE PESO

En cuanto a la pérdida de peso, entre día y día se puede ver claramente que hay una mayor pérdida diaria, siendo mayor el principio, y luego haciéndose menos acentuada, para todas las muestras, algunos picos pueden mostrar absorción de humedad, pero siempre la pérdida es mayor con el biopolímero conformado por tara; por otra parte, el biopolímero hecho de Plastic Wrap muestra curvas de pérdida ligeras pero notables al principio, pero luego con el paso del tiempo se ve que incluso entre días, la diferencia es cada vez menor, e incluso imperceptible.

Los resultados fueron los siguientes, como lo confirman la tabla siguiente 4.22 y en la figura 3.31:

- Este fenómeno de pérdida de peso se ha visto en todas las repeticiones.
- Luego las fresas que mantienen su peso por más tiempo son las fresas recubiertas con el filme plástico (Plastic Wrap, habiendo siempre más pérdidas en la fresa recubierta con tara, más aun, que la misma fresa nativa.

- De la misma manera los deltas (variaciones) del peso entre día y día, para ver cuánto del peso se pierde con cada día de la evaluación, ello se demuestra en la tabla 3.23 siguiente y en la figura 3.32.

TABLA 3.22. Evaluación de la pérdida de peso en frutos de fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

Peso en g	PROMEDIOS DE REPETICION		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	10.983	10.168	12.928
DIA 2	10.092	9.074	12.916
DIA 3	9.188	7.994	12.779
DIA 4	8.108	6.767	12.526
DIA 5	7.446	6.152	12.448
DIA 6	6.717	5.509	12.286
DIA 7	5.978	4.918	12.171
DIA 8	5.266	4.367	12.010
DIA 9	4.578	3.876	11.848

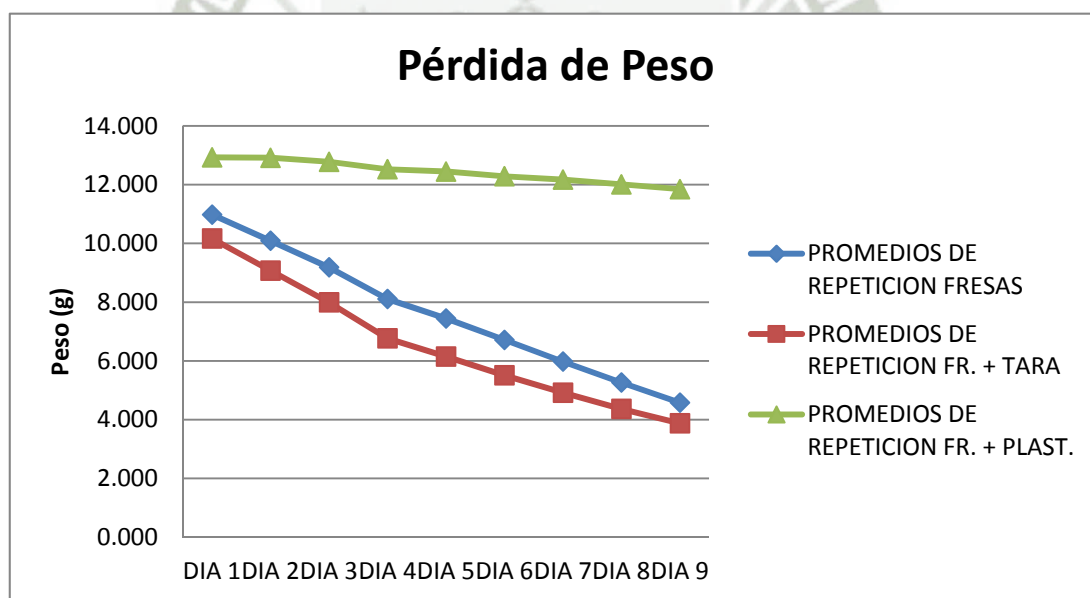


FIGURA 3.31. Perfil de pérdida de peso para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

TABLA 3.23. Variaciones diarias de la pérdida de peso en fresas (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

PROMEDIOS DE VARIACION		
FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
0.891	1.094	0.012
0.904	1.081	0.137
1.080	1.227	0.253
0.662	0.616	0.078
0.729	0.643	0.162
0.739	0.591	0.115
0.712	0.551	0.161
0.688	0.492	0.162
0.801	0.787	0.135

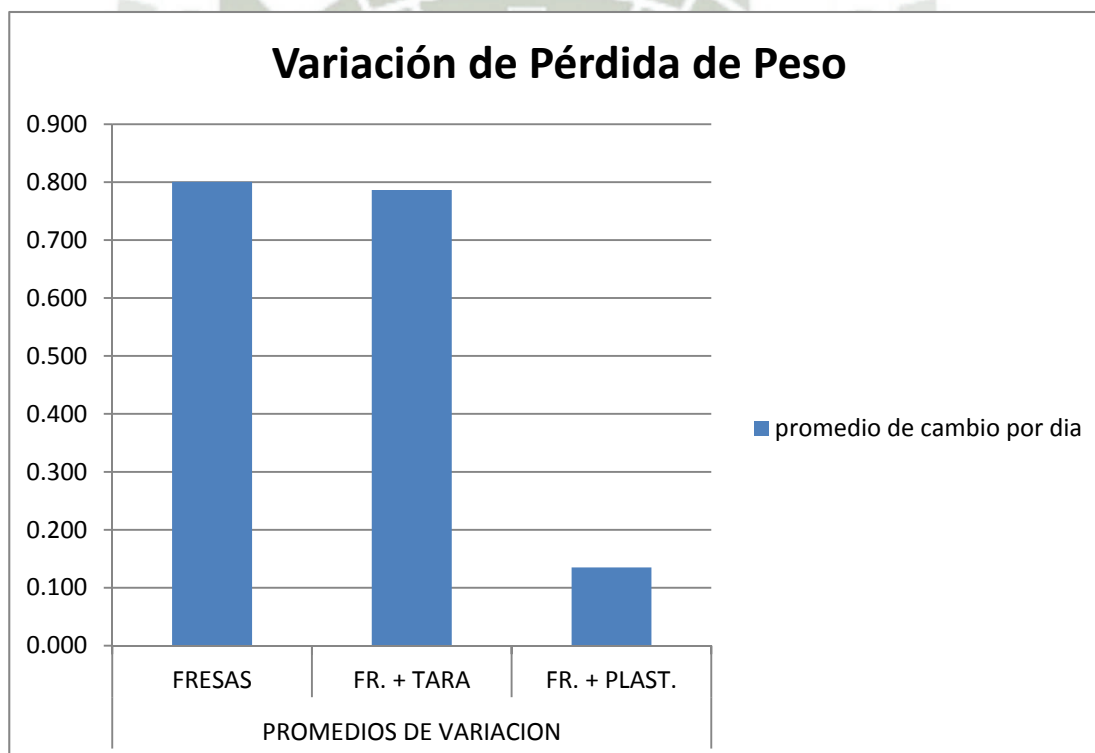
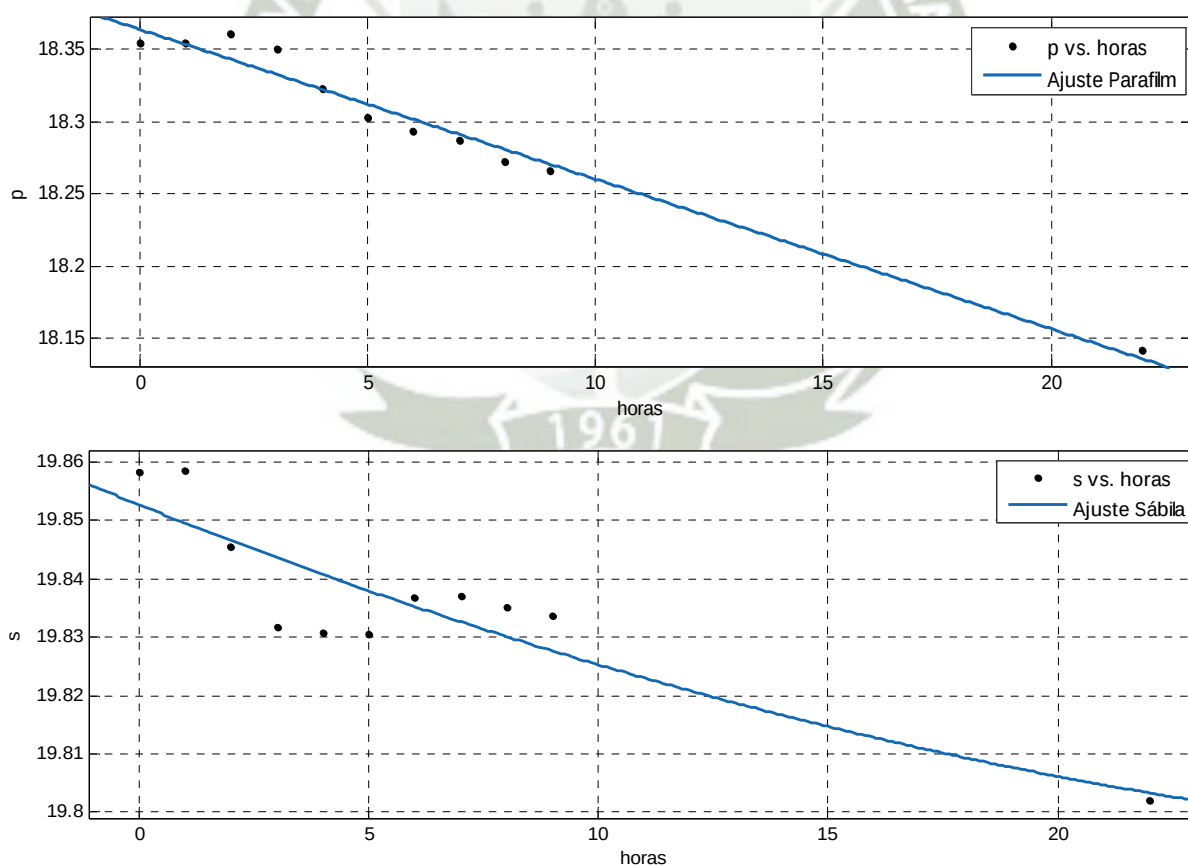


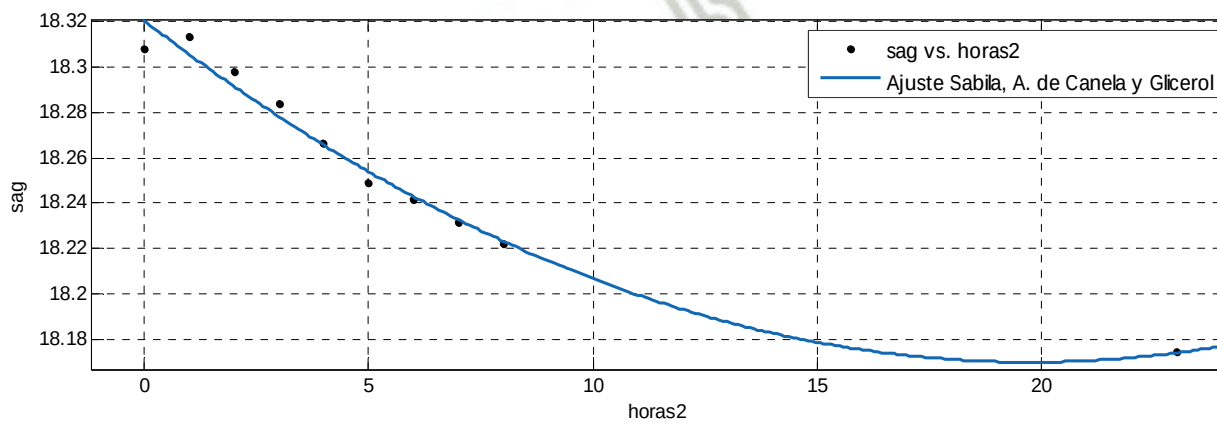
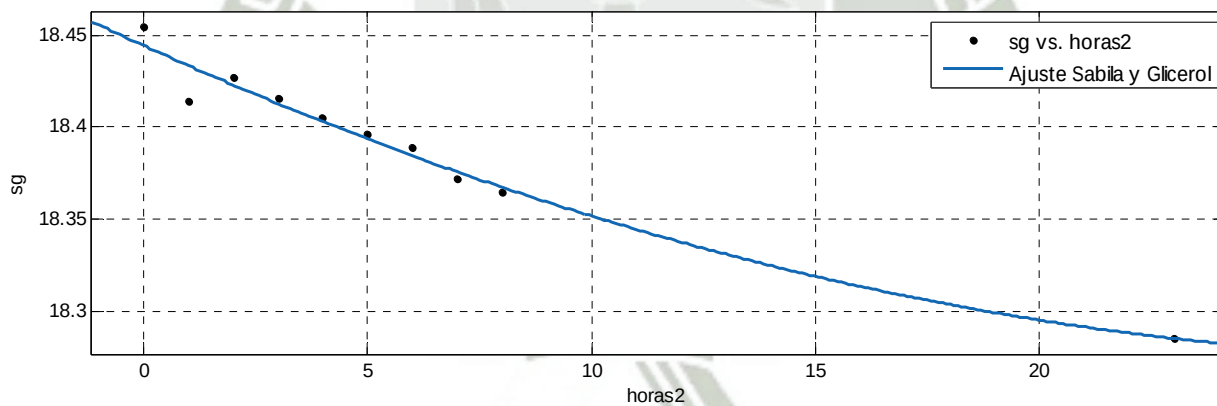
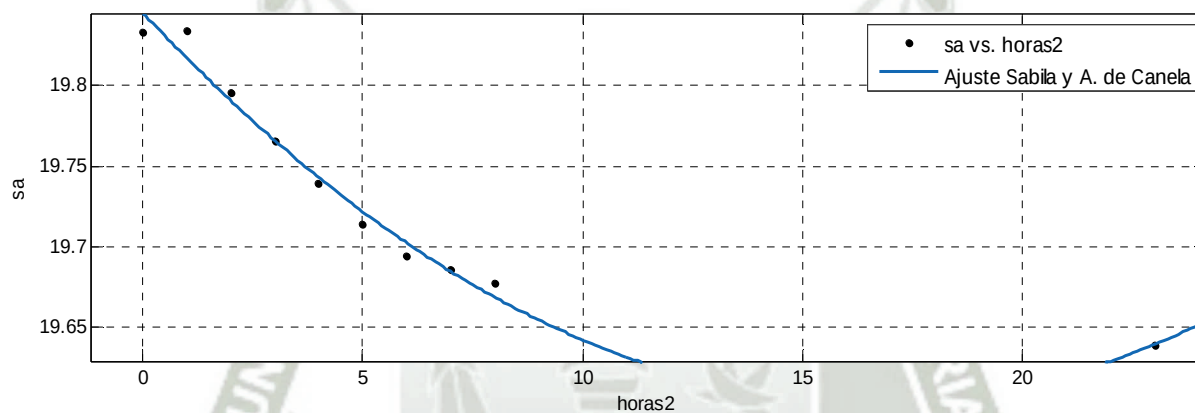
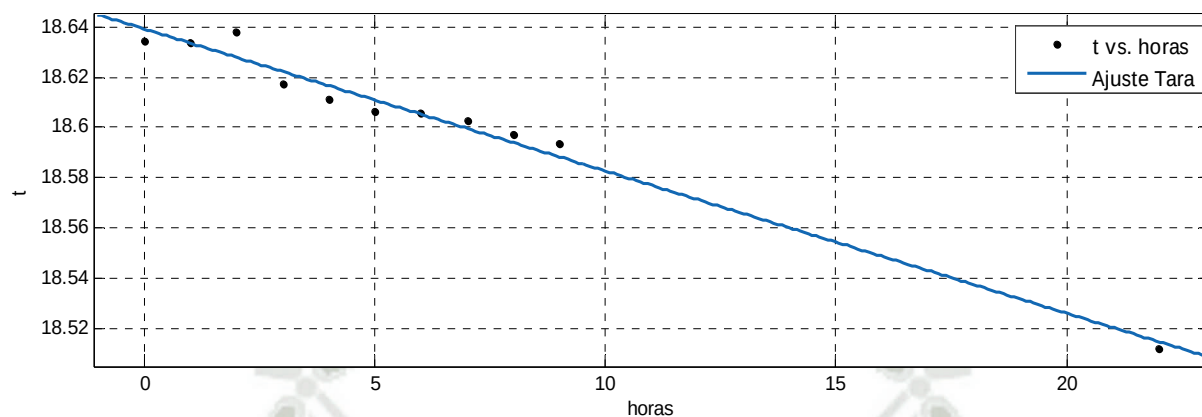
FIGURA 3.32. Perfil de variación de pérdida de peso para las tres muestras (fresas sin recubrimiento, fresas con recubrimiento de tara y fresas con recubrimiento de Plastic Wrap, durante 9 días.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Muchas de las pruebas realizadas, requieren de un tratamiento estadístico o análisis estadístico con el fin de asegurar que los resultados de los procedimientos efectuados estén acordes con los objetivos logrados, y que de esa manera se puedan corroborar o derogar las hipótesis planteadas. Entre los métodos que se han utilizado están regresión lineal y no lineal para los datos obtenidos de la prueba de permeabilidad de vapor de agua. Se han hecho distintos modelos de regresión según las curvas encontradas. Para los ensayos de aplicación de recubrimiento con biopolímero en fresas se ha empleado ANOVA y prueba t-student. Y han sido efectuados a todas las repeticiones hechas.

3.5.1. REGRESIÓN LINEAL PARA PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA





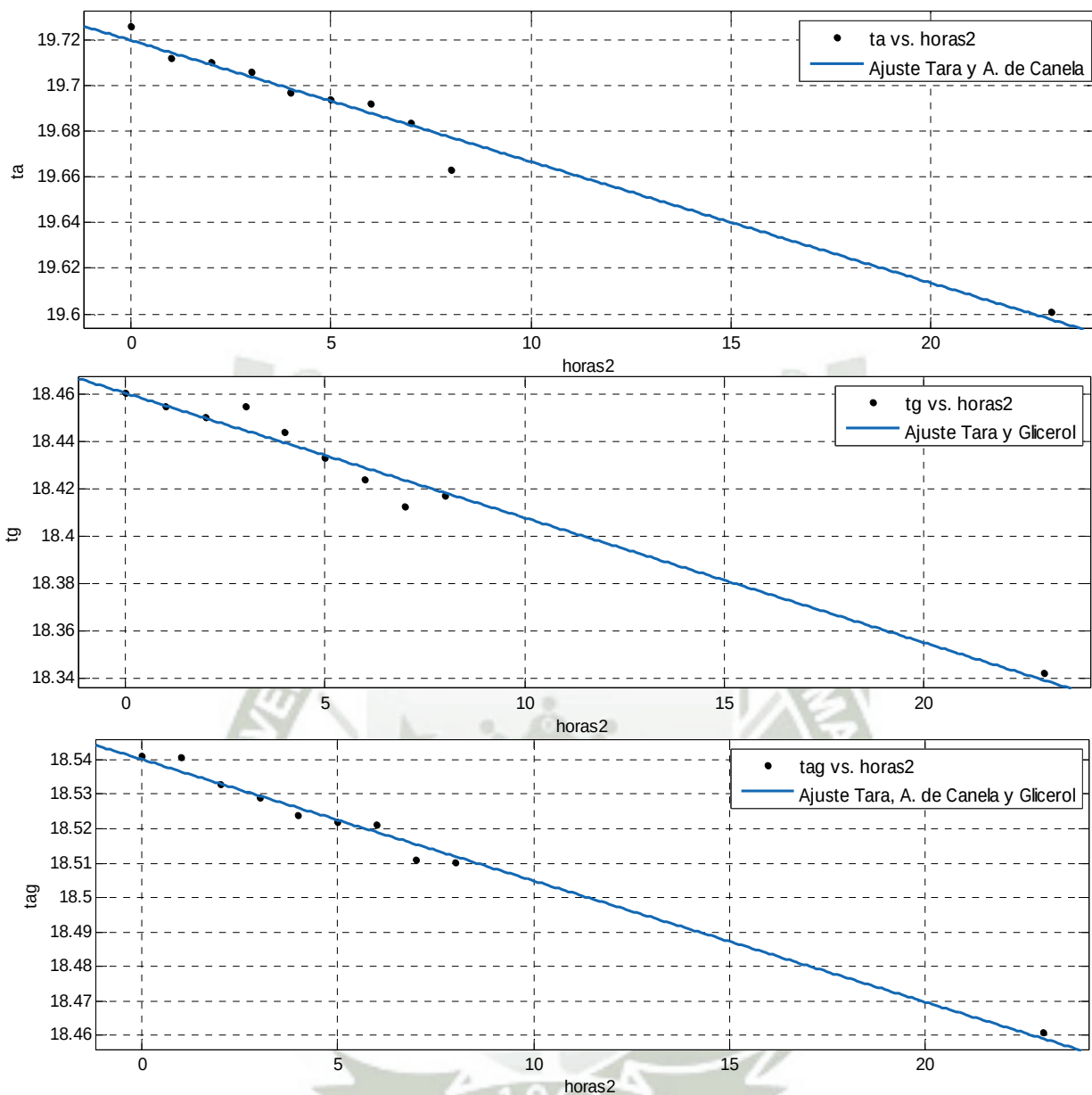


FIGURA 3.33. (pag. 153-154). Regresión de datos para ajuste de permeabilidad en Plastic Wrap, Sábila, Tara y mezclas de hidrocoloides con aditivos.

Obtenidos estos datos y las ecuaciones de regresión para cada uno de los modelos evaluados, se han hecho las mediciones que han permitido encontrar los valores de permeabilidad de vapor de agua. Se ha notado que el biopolímero de tara y el Parafilm, tienen un ajuste lineal (por motivos técnicos, MATLAB considera una regresión lineal como polinomial de primer orden). Pero los datos experimentales

obtenidos de la medición de los recubrimientos de sábila se ajustan mejor con una regresión polinomial de segundo orden. Cabe indicar que hubo varios problemas con las mediciones efectuadas en la sábila, pues el recubrimiento de este material tendía a romperse o ahuecarse dentro de los módulos debido al intercambio de humedad dentro de ellos, debilitando el biopolímero. Las ecuaciones de ajuste para cada biopolímero están especificadas en la tabla 3.24. Y el procedimiento para hallar el índice de transferencia y la permeabilidad de vapor de agua se halla en la sección anexos.

TABLA 3.24. Ecuaciones de regresión para permeabilidad de vapor de agua.

AJUSTE	ECUACIÓN	R ² AJUSTADO	ERROR (SCR)
Parafilm	$y = -0.01036x + 18.36$	0.9748	5.596e-05
Sábila	$y = 4.126e-5x^2 - 0.00315x + 19.85$	0.9781	0.0004855
Tara	$y = -0.005656x + 18.64$	0.7389	0.0002583
Sábila y Ac. De Canela	$y = 0.0008762x^2 - 0.02911x + 19.85$	0.9781	0.0006975
Sábila y Glicerol	$y = 0.0001802x^2 - 0.01105x + 18.44$	0.9618	0.0005592
Sábila, A. de Canela y Glicerol	$y = 0.0003855x^2 - 0.01522x + 18.32$	0.9765	0.0003143
Tara y Ac. De Canela	$y = -0.005319x + 19.72$	0.9705	0.0002933
Tara y Glicerol	$y = -0.005254x + 18.46$	0.9713	0.0002781
Tara, A. de Can. y Gl.	$y = -0.003524x + 18.54$	0.9870	5.596e-05

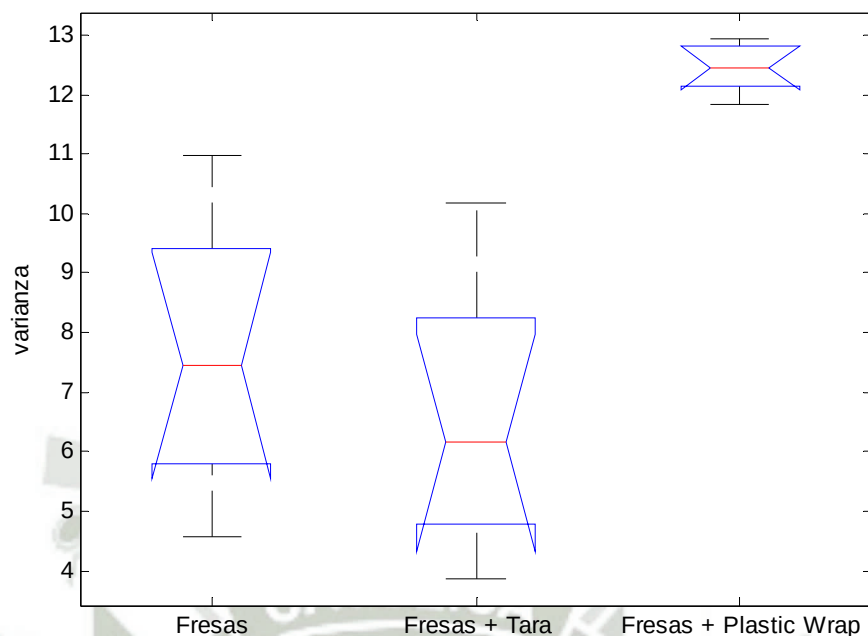
3.5.2. ANOVA PARA VARIANZA ENTRE GRUPOS DE FRESAS CON RECUBRIMIENTO Y PRUEBA DE T-STUDENT

Por otra parte para las mediciones efectuadas en los recubrimientos como tales y aplicados en el fruto para su evaluación. Los parámetros que se han evaluado han sido pérdida de peso, variación del pH, porcentaje de acidez, grados Brix, crecimiento de colonias fúngicas, índice de madurez y tasa de respiración. Como en todos los parámetros hay una variación que fue registrada cada 24 horas se ha

acumulado los promedios de cada medición por día y entre cada día evaluado se han hecho cuatro mediciones entre los parámetros, obteniendo así un Δ parámetro. Los resultados en promedio de cada día en el periodo de tiempo evaluado corresponden a una variable y para ellos se les ha realizado una prueba ANOVA. Para los Δ parámetros, como se han tenido que hacer comparaciones entre ellos se han hecho pruebas de t-student comparando los tres. Los 3 sujetos de evaluación son: Fresas, Fresas con Plastic Wrap y Fresas con Biopolímero de Tara, como se explicó anteriormente, el biopolímero de sábila no fue exitoso a la hora de su aplicación. Los datos han sido obtenidos de las tablas que describen los resultados de cada prueba efectuada con recubrimientos protectores en fresas para ver si hay variabilidad entre los distintos grupos evaluados, una vez por cada repetición.

El ANOVA aplicado a los datos obtenidos de pérdida de peso, muestra que para esta variable la distribución es asimétrica, y la varianza entre muestras siempre es menor para las fresas envueltas en Plastic Wrap; salvo en la 3era repetición la cual si muestra una clara diferenciación entre las tres. Estadísticamente se establece que hay una mayor pérdida de peso entre las muestras de fresas con tara, y una menor perdida en las fresas envueltas con Plastic Wrap, a continuación se presenta la figura 3.34 siguiente:

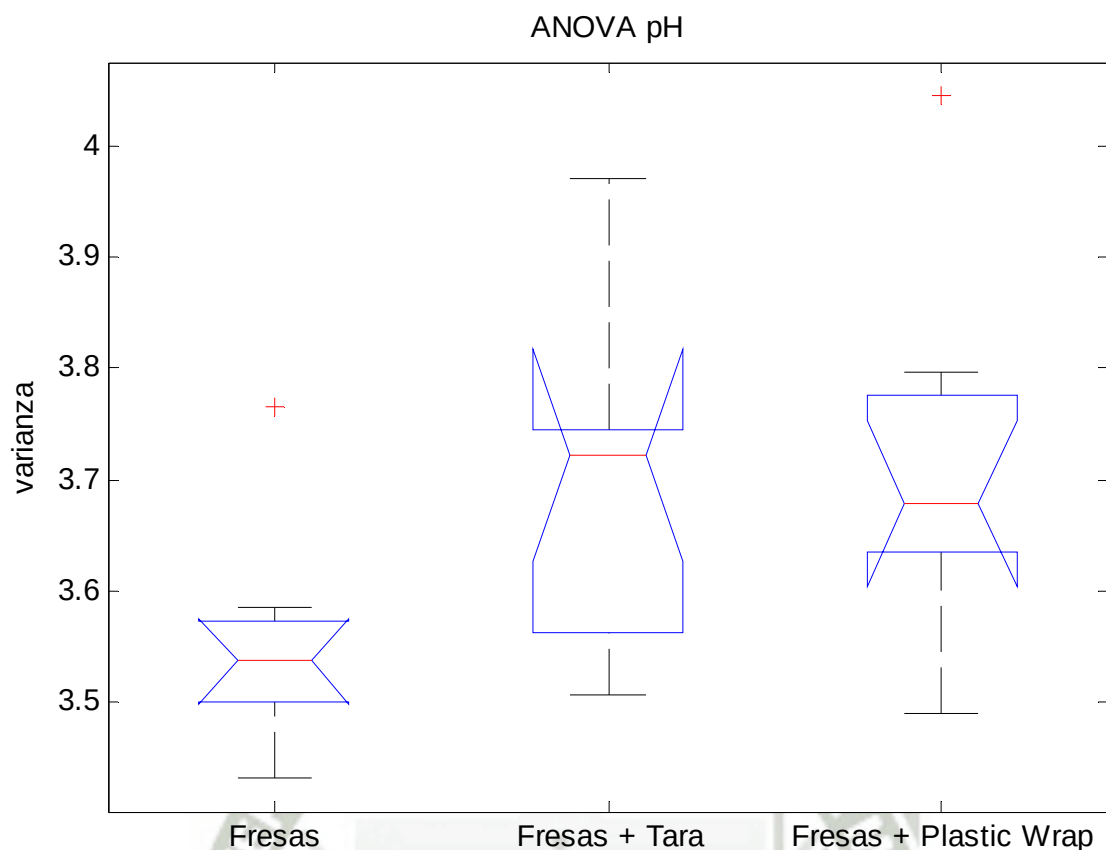
ANOVA Pérdida de Peso



Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	178.011	2	89.0053	27.72	5.78706e-07
Error	77.069	24	3.2112		
Total	255.08	26			

FIGURA 3.34. ANOVA para datos de Pérdida de Peso, promedio de repeticiones.

En cuanto a la evaluación por ANOVA de los datos de variación de pH entre muestras se debe tener en cuenta que hay una enorme variación entre las repeticiones 3 y 4 ya que las 2 primeras son similares (véase sección Anexos), hay baja variabilidad de pH en la fresa sin recubrir; mientras que por otro lado ambos grupos de fresas recubiertas dieron resultados contrastantes; ello se demuestra en la figura 3.35 mostrada a continuación, la variación en los resultados puede tener muchos factores desde el manejo de las fresas hasta las condiciones al momento de su análisis.

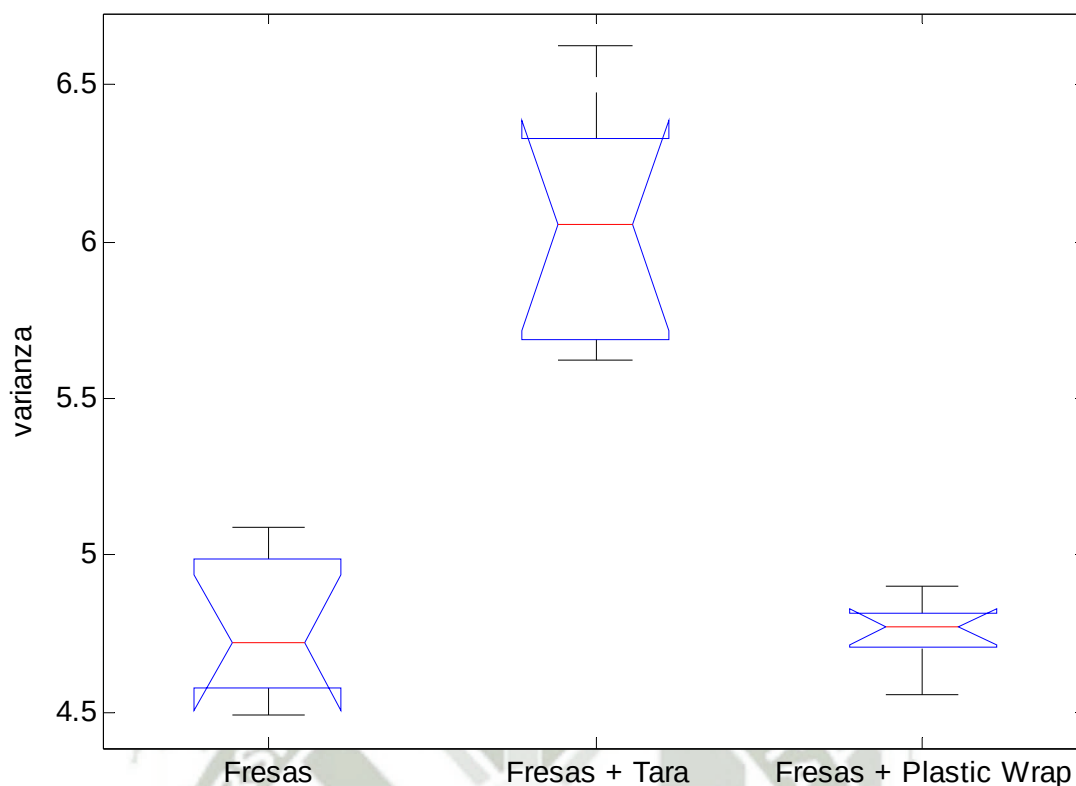


Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	0.1412	2	0.0706	3.98	0.0322
Error	0.42572	24	0.01774		
Total	0.56692	26			

FIGURA 3.35. ANOVA para datos de Variación de pH, promedio de repeticiones.

De igual manera se ha visto que el ANOVA aplicado a grados Brix no es completamente conclusivo. Se puede apreciar que hay mayores valores de grados Brix en las muestras con tara, y que la variación entre ellas es poca (salvo repetición 1, véase anexos). Esta medición de grados Brix incluye aquellos registrados del mismo recubrimiento ya que este también está hecho de polisacáridos, lo cual puede ser un factor que influencia en esta medición, así se demuestra en la figura 3.36 presentada a continuación.

ANOVA Grados Brix



Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	9.8836	2	4.94181	75.23	4.59372e-11
Error	1.5765	24	0.06569		
Total	11.4602	26			

FIGURA 3.36. ANOVA para datos de Grados Brix, promedio de repeticiones.

El porcentaje de acidez, es un parámetro el cual influye directamente en la maduración del producto, pero esta prueba ha mostrado valores tan variados y con cierta tendencia a ser mayor la maduración en fresas con tara, muy posiblemente por la heterogeneidad de las mismas fresas, que su ANOVA resultó en diferencias entre todos los grupos con poca correlación entre los datos. Y de igual manera estos datos, los cuales se relacionan con el índice de madurez han dado valores muy distintos entre repeticiones, se demuestra en la figura 3.37 presentada a continuación.

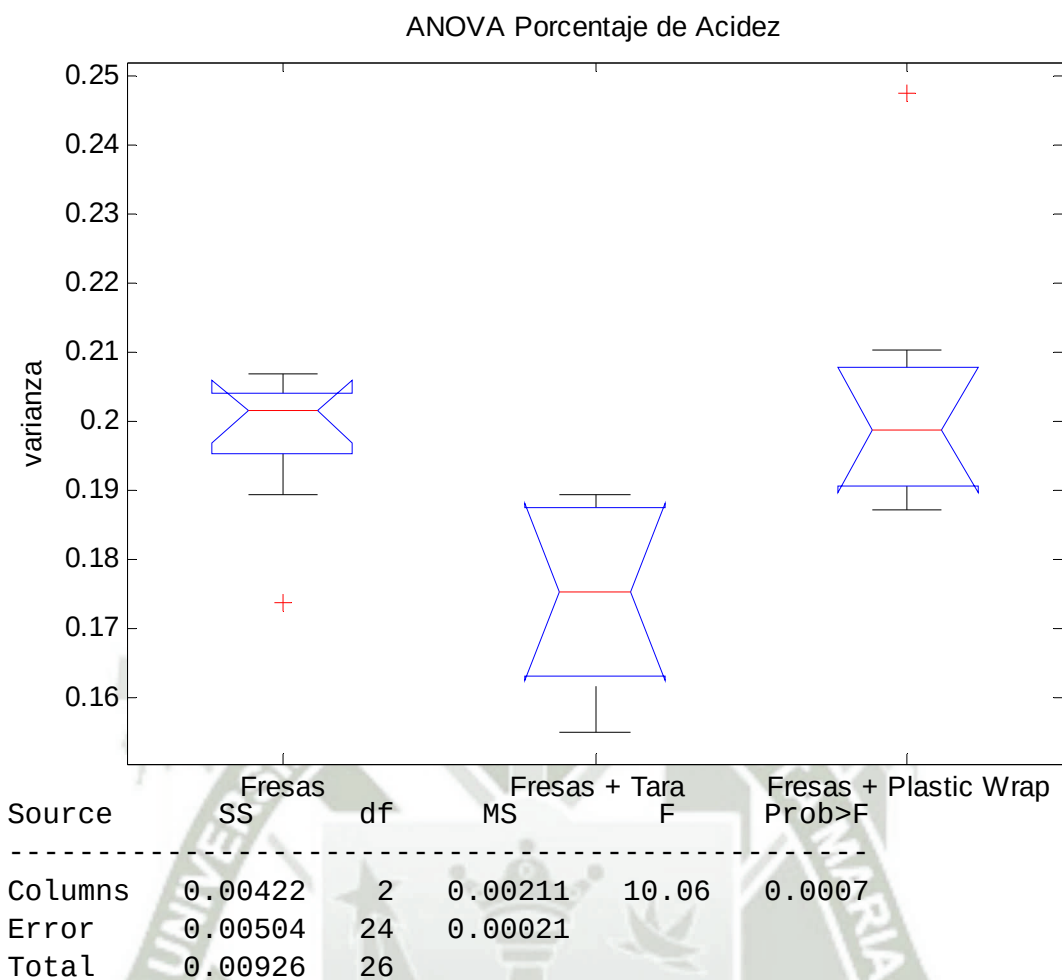


FIGURA 3.37. ANOVA para datos de Porcentaje de Acidez, promedio de repeticiones.

Dentro de estas evaluaciones hechas a las fresas, el único parámetro que está directamente influenciado por el aceite de canela es este. El crecimiento de colonias fúngicas ha dado valores muy pequeños y una muy reducida varianza para los datos que corresponden a las fresas con recubrimiento de tara. Se puede ver que experimentalmente hay diferencia entre los tratamientos que involucran Tara, versus el control y el tratamiento con Plastic Wrap, se demuestra en la figura 3.38 presentada a continuación.

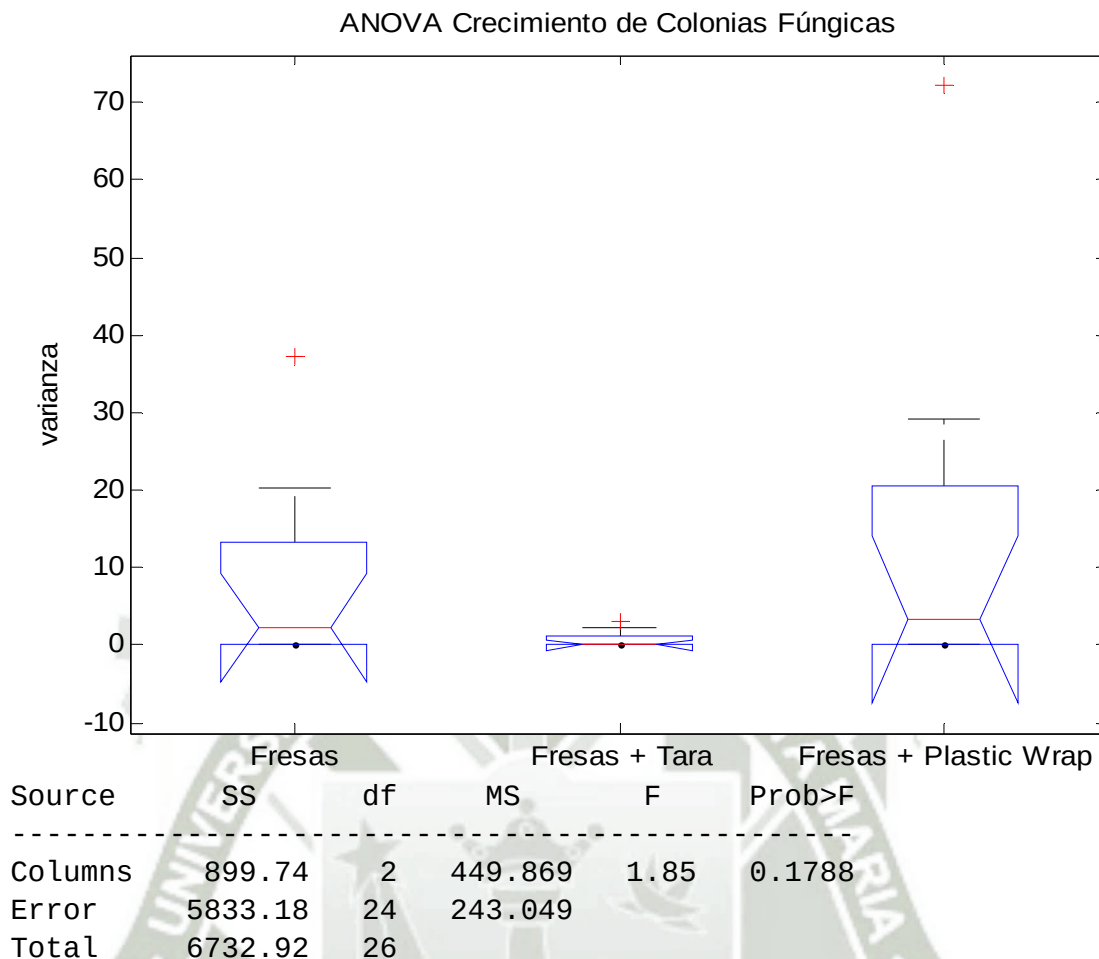
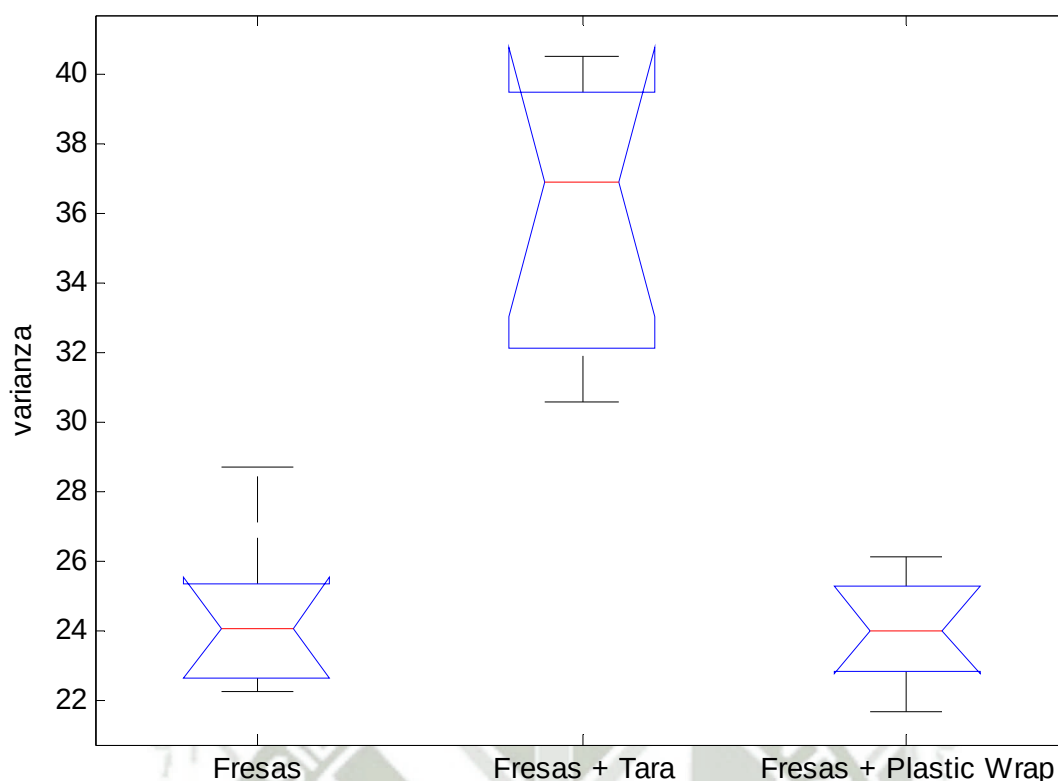


FIGURA 3.38. ANOVA para datos de Crecimiento de Colonias Fúngicas, promedio de repeticiones.

Este parámetro está ligado al nivel de grados Brix y porcentaje de acidez, y de igual manera refleja un gran contraste entre ambas mediciones, debido a las múltiples variaciones que han tenido los datos experimentales de ambas mediciones. Pero como está ligado al contenido de grados Brix es muy probable que la variación de grados Brix sea mayor en las fresas con biopolímero por el mismo contenido de polisacáridos que este compone, se demuestra en la figura 3.39 presentada a continuación.

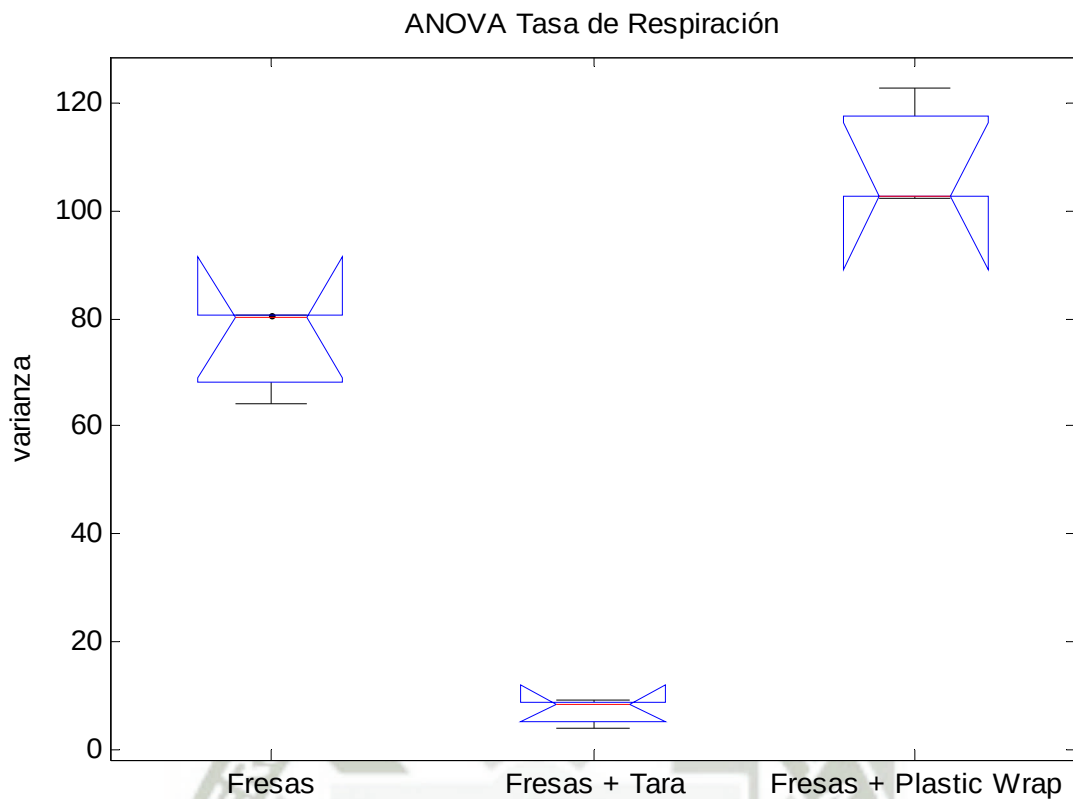
ANOVA Índice de Madurez



Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	822.211	2	411.105	55.7	9.61628e-10
Error	177.133	24	7.381		
Total	999.344	26			

FIGURA 3.39. ANOVA para datos de Índice de Madurez, promedio de repeticiones.

Los datos obtenidos de la prueba de respiración han sido de tres repeticiones, pero se ha podido apreciar según los datos experimentales que existe un menor flujo de gases entre fresas recubiertas y descubiertas, siendo menor en las fresas con tara, no obstante el Plastic Wrap también ha debido reducir la tasa de respiración a diferencia de los resultados del tratamiento estadístico con el fin de conservar el fruto examinado, estos resultados se demuestran en la figura 3.40 presentada a continuación.



Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	16263.7	2	8131.87	106	2.08493e-05
Error	460.3	6	76.72		
Total	16724	8			

FIGURA 3.40. ANOVA para datos de Tasa de Respiración, promedio de repeticiones.

A continuación se presentan las tablas 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30 y 4.31 de las pruebas de t-student realizadas entre cada recubrimiento probado en todas las pruebas.

TABLA 3.25. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Pérdida de Peso

R E P E T I C I O N 1	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.6399 t0_tt = -1.7946 2.8362 t_gl desvs = tstat: 0.4768 df: 16 sd: 2.3169
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 1.8569e-04 t0_tt = -5.2705 -2.0540 t_gl desvs = tstat: -4.8273 df: 16 sd: 1.6093
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 1.0394e-04 t0_tt = -5.9168 -2.4492 t_gl desvs = tstat: -5.1146 df: 16 sd: 1.7349
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7557 t0_tt = -2.1190 2.8628 t_gl desvs = tstat: 0.3165 df: 16 sd: 2.4925
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 1.4976e-05 t0_tt = -7.5860 -3.6793 t_gl desvs = tstat: -6.1129 df: 16 sd: 1.9547
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 7.9231e-07 t0_tt = -7.6403 -4.3688 t_gl desvs = tstat: -7.7819 df: 16 sd: 1.6368
R E P E T I C I O N 2	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 0.0085 t0_tt = 0.6513 3.7867 t_gl desvs = tstat: 3.0007 df: 16 sd: 1.5687
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 2.0390e-07 t0_tt = -5.7218 -3.4656 t_gl desvs = tstat: -8.6323 df: 16 sd: 1.1289
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 6.6624e-10 t0_tt = -7.9267 -5.6987 t_gl desvs = tstat: -12.9643 df: 16 sd: 1.1147
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3563 t0_tt = -1.3856 3.6356 t_gl desvs = tstat: 0.9499 df: 16 sd: 2.5123
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 0.0085 t0_tt = 0.6513 3.7867 t_gl desvs = tstat: 3.0007 df: 16 sd: 1.5687
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 2.0390e-07 t0_tt = -5.7218 -3.4656 t_gl desvs = tstat: -8.6323 df: 16 sd: 1.1289
R E P E T I C I O N 3	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3563 t0_tt = -1.3856 3.6356 t_gl desvs = tstat: 0.9499 df: 16 sd: 2.5123
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 0.0085 t0_tt = 0.6513 3.7867 t_gl desvs = tstat: 3.0007 df: 16 sd: 1.5687
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 2.0390e-07 t0_tt = -5.7218 -3.4656 t_gl desvs = tstat: -8.6323 df: 16 sd: 1.1289
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3563 t0_tt = -1.3856 3.6356 t_gl desvs = tstat: 0.9499 df: 16 sd: 2.5123
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 0.0085 t0_tt = 0.6513 3.7867 t_gl desvs = tstat: 3.0007 df: 16 sd: 1.5687
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 2.0390e-07 t0_tt = -5.7218 -3.4656 t_gl desvs = tstat: -8.6323 df: 16 sd: 1.1289

E	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
T	hipótesis = 1 (alt)
I	valor_p = 4.9449e-06
C	t0_tt = -7.1955 -3.7434
I	t_gl desvs = tstat: -6.7173 df: 16 sd: 1.7272
O	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
N	hipótesis = 1 (alt)
	valor_p = 1.3835e-06
4	t0_tt = -8.4713 -4.7176
	t_gl desvs = tstat: -7.4483 df: 16 sd: 1.8781

Hecho con el fin de determinar si hay diferencias entre cada parámetro, se ha visto que no hay diferencia estadística de pérdida de peso entre fresas y fresas con recubrimiento de tara (4 de 1 repeticiones), sin embargo, todas las mediciones de fresas y fresas recubiertas versus fresas plastificadas han demostrado que si hay diferencia entre los parámetros con una tendencia a la perdida de este, siendo mayor en los frutos recubiertos con los biopolímeros hechos en base a mucílagos y menor en presencia del Plastic Wrap.

TABLA 3.26. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Variación de pH

	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
R	hipótesis = 0 (null)
E	valor_p = 1
P	t0_tt = -0.4759 0.4759
E	t_gl desvs = tstat: 0 df: 14 sd: 0.4438
T	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
I	hipótesis = 0 (null)
C	valor_p = 0.2073
I	t0_tt = -0.1392 0.5867
O	t_gl desvs = tstat: 1.3223 df: 14 sd: 0.3384
N	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
1	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.2073
	t0_tt = -0.1392 0.5867
	t_gl desvs = tstat: 1.3223 df: 14 sd: 0.3384
R	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
E	hipótesis = 0 (null)
P	valor_p = 0.8439
E	t0_tt = -0.0848 0.1023
T	t_gl desvs = tstat: 0.2007 df: 14 sd: 0.0872
I	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
C	hipótesis = 0 (null)
I	valor_p = 0.3365
O	t0_tt = -0.0318 0.0868
	t_gl desvs = tstat: 0.9953 df: 14 sd: 0.0553

N	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.6487 t0_tt = -0.0676 0.1051 t_gl desvs = tstat: 0.4655 df: 14 sd: 0.0806
R	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.5513 t0_tt = -0.2127 0.1184 t_gl desvs = tstat: -0.6106 df: 14 sd: 0.1544
E	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7499 t0_tt = -0.1938 0.2630 t_gl desvs = tstat: 0.3251 df: 14 sd: 0.2130
P	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.4339 t0_tt = -0.1359 0.2994 t_gl desvs = tstat: 0.8057 df: 14 sd: 0.2029
T	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.6549 t0_tt = -0.0647 0.0997 t_gl desvs = tstat: 0.4567 df: 14 sd: 0.0766
I	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.6952 t0_tt = -0.0676 0.0986 t_gl desvs = tstat: 0.4000 df: 14 sd: 0.0775
C	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9594 t0_tt = -0.0848 0.0808 t_gl desvs = tstat: -0.0518 df: 14 sd: 0.0772
O	
N	
4	

Muy posiblemente por la heterogeneidad de los resultados de la variación de pH, no se ha encontrado una diferencia estadística entre cada tratamiento, sin embargo según las gráficas presentadas anteriormente el nivel de acidez tiende a incrementarse por el metabolismo de los azúcares en la fresa, un mayor nivel de azúcares acelera también el metabolismo y sus productos resultantes, independientemente del recubrimiento que tengan.

TABLA 3.27. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Grados Brix

R E P E T I C I O N 1	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.4886 t0_tt = -1.0730 0.5385 t_gl desvs = tstat: -0.7113 df: 14 sd: 0.7514
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.8535 t0_tt = -0.5876 0.7006 t_gl desvs = tstat: 0.1881 df: 14 sd: 0.6006
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.2059 t0_tt = -0.1997 0.8472 t_gl desvs = tstat: 1.3265 df: 14 sd: 0.4881
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.4924 t0_tt = -0.3252 0.6437 t_gl desvs = tstat: 0.7050 df: 14 sd: 0.4518
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3640 t0_tt = -0.2977 0.7607 t_gl desvs = tstat: 0.9382 df: 14 sd: 0.4935
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7954 t0_tt = -0.5139 0.6584 t_gl desvs = tstat: 0.2644 df: 14 sd: 0.5466
R E P E T I C I O N 2	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9304 t0_tt = -0.9986 0.9191 t_gl desvs = tstat: -0.0889 df: 14 sd: 0.8941
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.6189 t0_tt = -0.2525 0.4095 t_gl desvs = tstat: 0.5086 df: 14 sd: 0.3087
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7898 t0_tt = -0.8152 1.0517 t_gl desvs = tstat: 0.2717 df: 14 sd: 0.8704
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9262 t0_tt = -1.3139 1.2032

P E T I C I O N 4	t_gl desvs = tstat: -0.0944 df: 14 sd: 1.1736
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.9978
	t0_tt = -0.7595 0.7575
	t_gl desvs = tstat: -0.0028 df: 14 sd: 0.7073
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.9297
	t0_tt = -1.2440 1.3528
	t_gl desvs = tstat: 0.0898 df: 14 sd: 1.2107

De igual manera, y según los gráficos correspondientes vistos anteriormente. Muy posiblemente por la heterogeneidad de los resultados de la variación de pH, no se ha encontrado una diferencia estadística entre cada tratamiento, este parámetro ligado a la variación de pH tiene por lo natural una tendencia a disminuir por el metabolismo de los azúcares.

TABLA 3.28. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Porcentaje de Acidez

R E P E T I C I O N 1	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.7408
	t0_tt = -0.0322 0.0234
	t_gl desvs = tstat: -0.3374 df: 14 sd: 0.0259
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.5072
	t0_tt = -0.0151 0.0291
	t_gl desvs = tstat: 0.6806 df: 14 sd: 0.0206
R E P E T I C I O N 1	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.2491
	t0_tt = -0.0089 0.0317
	t_gl desvs = tstat: 1.2026 df: 14 sd: 0.0189
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.6182
	t0_tt = -0.0286 0.0176
	t_gl desvs = tstat: -0.5098 df: 14 sd: 0.0216
R E P E T I C I O N 1	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.5847
	t0_tt = -0.0199 0.0117
	t_gl desvs = tstat: -0.5595 df: 14 sd: 0.0147
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.9297
	t0_tt = -1.2440 1.3528
	t_gl desvs = tstat: 0.0898 df: 14 sd: 1.2107

R E P E T I C I O N	2	valor_p = 0.9150 t0_tt = -0.0257 0.0285 t_gl desvs = tstat: 0.1087 df: 14 sd: 0.0253
		Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.8428 t0_tt = -0.0289 0.0344 t_gl desvs = tstat: 0.2058 df: 7 sd: 0.0126
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9924 t0_tt = -0.0830 0.0838 t_gl desvs = tstat: 0.0096 df: 14 sd: 0.0778
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	3	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9842 t0_tt = -0.2765 0.2717 t_gl desvs = tstat: -0.0205 df: 7 sd: 0.1093
		Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9849 t0_tt = -0.0276 0.0281 t_gl desvs = tstat: 0.0193 df: 14 sd: 0.0260
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
T I C I O N		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7449 t0_tt = -0.0294 0.0401 t_gl desvs = tstat: 0.3319 df: 14 sd: 0.0324
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7172 t0_tt = -0.0246 0.0349 t_gl desvs = tstat: 0.3696 df: 14 sd: 0.0277
	4	

De igual manera, y según los gráficos correspondientes vistos anteriormente. Muy posiblemente por la heterogeneidad de los resultados del porcentaje de acidez, no se ha encontrado una diferencia estadística entre cada tratamiento, su tendencia natural sería a incrementar el valor de la acidez en los frutos, siendo este incremento menor con frutos recubiertos.

TABLA 3.29. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Crecimiento de Colonias Fúngicas

R E P E T I C I O N	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 0.9026 t0_tt = -8.6340 0.8840 t_gl desvs = tstat: -1.7464 df: 14 sd: 4.4378
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.4585 t0_tt = -16.0456 7.6306 t_gl desvs = tstat: -0.7623 df: 14 sd: 11.0390
1	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 2.9823 t0_tt = -18.9437 2.7787 t_gl desvs = tstat: -1.5961 df: 14 sd: 10.1280
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 8.6558 t0_tt = -0.3111 8.6436 t_gl desvs = tstat: 1.9958 df: 14 sd: 4.1751
R E P E T I C I O N	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3942 t0_tt = -17.3453 7.2603 t_gl desvs = tstat: -0.8791 df: 14 sd: 11.4723
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 2.8939 t0_tt = -20.6846 2.2671 t_gl desvs = tstat: -1.7211 df: 14 sd: 10.7011
2	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 8.9987 t0_tt = -0.2670 8.6820 t_gl desvs = tstat: 2.0168 df: 14 sd: 4.1724
	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3540 t0_tt = -17.8045 6.8045 t_gl desvs = tstat: -0.9587 df: 14 sd: 11.4739
R E P E T I C I O N	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 1.8932 t0_tt = -21.1840 1.7690 t_gl desvs = tstat: -1.8142 df: 14 sd: 10.7018
	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
	hipótesis = 1 (alt) valor_p = 9.4671 t0_tt = -0.7117 9.2950
R E	

P	t_gl desvs = tstat: 1.8397 df: 14 sd: 4.6656
E	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
T	hipótesis = 0 (null)
I	valor_p = 0.5361
C	t0_tt = -14.2383 7.7383
I	t_gl desvs = tstat: -0.6344 df: 14 sd: 10.2466
O	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
N	hipótesis = 1 (alt)
	valor_p = 2.6439
4	t0_tt = -17.4129 2.3297
	t_gl desvs = tstat: -1.6386 df: 14 sd: 9.2049

Las pruebas que comparan las fresas recubiertas con Plastic Wrap y sin recubrir versus las fresas recubiertas con la película de tara han confirmado la hipótesis alternativa, lo cual demuestra que si hay una diferencia entre el uso de aceite de canela como agente antimicrobiano comparado con la ausencia de un análogo en el Plastic Wrap y las fresas sin recubrir.

TABLA 3.30. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Índice de Madurez

	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
R	hipótesis = 0 (null)
E	valor_p = 0.3419
P	t0_tt = -2.8790 7.7585
E	t_gl desvs = tstat: 0.9838 df: 14 sd: 4.9597
T	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
I	hipótesis = 0 (null)
C	valor_p = 0.6017
I	t0_tt = -5.2915 3.1816
O	t_gl desvs = tstat: -0.5341 df: 14 sd: 3.9505
N	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
1	hipótesis = 0 (null)
	valor_p = 0.0833
	t0_tt = -7.5140 0.5246
	t_gl desvs = tstat: -1.8648 df: 14 sd: 3.7480
R	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
E	hipótesis = 0 (null)
P	valor_p = 0.9793
E	t0_tt = -4.3779 4.2715
T	t_gl desvs = tstat: -0.0264 df: 14 sd: 4.0328
I	Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
C	hipótesis = 0 (null)
I	valor_p = 0.6709
O	t0_tt = -3.2692 2.1687
N	t_gl desvs = tstat: -0.4341 df: 14 sd: 2.5354
	Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap

R E P E T I C I O N	2	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.8137 t0_tt = -4.9365 3.9424 t_gl desvs = tstat: -0.2401 df: 14 sd: 4.1398
		Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7438 t0_tt = -7.1124 9.7300 t_gl desvs = tstat: 0.3333 df: 14 sd: 7.8527
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.8795 t0_tt = -4.9069 4.2478 t_gl desvs = tstat: -0.1544 df: 14 sd: 4.2684
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	3	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7099 t0_tt = -10.8938 7.6171 t_gl desvs = tstat: -0.3797 df: 14 sd: 8.6307
		Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7042 t0_tt = -7.0681 4.9051 t_gl desvs = tstat: -0.3875 df: 14 sd: 5.5824
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
T I C I O N		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.7863 t0_tt = -6.6191 5.1081 t_gl desvs = tstat: -0.2763 df: 14 sd: 5.4678
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9043 t0_tt = -5.3877 6.0397 t_gl desvs = tstat: 0.1224 df: 14 sd: 5.3280
	4	

Es muy posible que los datos obtenidos de la prueba anterior de porcentaje de acidez hayan causado una amplia irregularidad en este parámetro que está directamente ligado a él y a la medición de grados Brix. Ya que hay una marcada correlación entre ambos parámetros, un error en uno de ellos altera las mediciones para ambos parámetros, el índice de madurez tiende a incrementarse de manera natural.

TABLA 3.31. Evaluación de Hipótesis usando prueba de t-student para Tasa de Respiración

R E P E T I C I O N	1	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.4144 t0_tt = -41.6205 67.5394 t_gl desvs = tstat: 1.0216 df: 2 sd: 12.6852
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.1155 t0_tt = -27.5122 118.5263 t_gl desvs = tstat: 2.6815 df: 2 sd: 16.9708
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.1747 t0_tt = -35.2124 100.3077 t_gl desvs = tstat: 2.0667 df: 2 sd: 15.7484
	2	Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9215 t0_tt = -67.0211 70.5840 t_gl desvs = tstat: 0.1114 df: 2 sd: 15.9907
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.9075 t0_tt = -75.4169 70.9460 t_gl desvs = tstat: -0.1314 df: 2 sd: 17.0084
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
	3	hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.5599 t0_tt = -28.9535 20.9196 t_gl desvs = tstat: -0.6931 df: 2 sd: 5.7956
		Evaluando Fresas versus Fresas con Tara
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.1020 t0_tt = -1.3047 6.6264 t_gl desvs = tstat: 2.8870 df: 2 sd: 0.9217
		Evaluando Fresas versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.3796 t0_tt = -31.6974 53.9713 t_gl desvs = tstat: 1.1187 df: 2 sd: 9.9553
		Evaluando Fresas con Tara versus Fresas con Plastic Wrap
		hipótesis = 0 (null) valor_p = 0.4842 t0_tt = -34.3608 51.3130 t_gl desvs = tstat: 0.8514 df: 2 sd: 9.9559

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusiones el presente trabajo se concluye que:

1. Para la extracción del mucílago de hojas de sábila, el método de molienda coloidal, fue el que obtuvo mayor rendimiento y se concluye que las otras metodologías presentaron muchas desventajas como: generación de abundante espuma, tiempos prolongados, de extracción y purificación, y degradación del material vegetal.

Mientras que para la extracción del mucílago de las semillas de tara, el de la vía húmeda fue el que resultó exitoso, debido a que con la otra metodología (vía seca), no se pudo extraer exitosamente dicha materia prima vegetal, por los inconvenientes antes vistos.

2. En cuanto a la concentración de hidrocoloides tanto de sábila como el de tara, el de 50%, fue con el que se obtuvo mejores resultados, respecto a las concentraciones de 40%, 60% y 70%, presentaron diferentes problemas como: Películas muy laxas o muy gruesas de las cuales no se podían despegar.

Referente a la adición de diferentes espesantes, ninguno resultó ser exitoso debido a las diferencias en sus propiedades de secado así como de homogenización; mientras que para la concentración de plastificantes, el que resultó ser exitoso fue, el glicerol a una concentración de 0.5% y aceite de canela al 0.25%, de forma independiente, dicha formulación se aplicó solamente al hidrocoloíde de tara.

3. La formulación de la película más óptima es la siguiente: 50% de mucílago de tara, 0.5% de glicerol y 0.25% de aceite de canela. Con estas concentraciones se logró una película flexible y lo suficientemente manejable para darle alguna protección adicional de barrera a los frutos de fresa.

4. El mejor método de recubrimiento fue el de “casting” manual el cual tuvo diferentes variantes, la que se utilizó en la mayoría de pruebas fue la Técnica del Tubo, lográndose una envoltura que recubre a las fresas. Otros métodos son de igual modo efectivos, pero sin embargo su aplicación tiene amplio margen de futura mejora.

5. Para las propiedades físicoquímicas, se han podido observar ciertas diferencias y cierta variabilidad en los resultados pero los métodos se han hecho de manera estandarizada para todos los biopolímeros, se confirma que los biopolímeros de tara en comparación con los de sábila son más robustos, más gruesos y más estables. Cierta heterogeneidad en los ensayos con fresas no ha impedido que se demuestre mayor permeabilidad de los biopolímeros de tara versus el Plastic Wrap y la sábila.

6. Es posible obtener un recubrimiento en base a mucílago de tara como matriz estructural el cual aditivado con glicerol como plastificante y aceite de canela como agente antimicrobiano el cual en cierto modo confiera protección a la fresa, se ha desarrollado un método el cual obtiene un biopolímero útil y optimo con el cual un recubrimiento también adecuado para el envoltimiento de las fresas el cual también un gran potencial como protector contra daño mecánico y patógenos del propio fruto, Un polímero de tara tiene un potencial incluso amplio para usarse como reemplazo de plástico o para generar productos junto con este que sean biodegradables y amigables con el medio ambiente.

4.2. RECOMENDACIONES

1. PREPARACIÓN DE HIDROCOLOIDES Y ACONDICIONAMIENTO DE FRUTOS: Una película que mezcle ambos mucílagos en su composición es una buena propuesta, ensayar la elaboración y ensayo de un recubrimiento hecho de sábila y tara en diferentes concentraciones.

El uso de prensa mecánica es recomendado luego de lograrse una forma de primero separar la cáscara y el germen de la misma goma, procedimiento que solo se ha podido lograr parcialmente en este trabajo de investigación y que ha sido descrito en los trabajos de Skurtys et. al. (2009) y Parente-Ribeiro (2010), muchas gomas tienden a tener un nivel de viscosidad muy alto y la dilución en un solvente polar como es el caso del agua ayuda a tener una solución más manejable sin perder sus propiedades mecánicas y físicas.

Con la instrumentalización adecuada y equipos los cuales permitan el manejo de este polímero óptimo hecho a base de tara, se podría ejecutar un escalamiento de esta operación y así recubrir frutos a nivel industrial, por lo cual se sugieren mayores estudios e investigación multidisciplinaria con el fin de hacer este trabajo investigativo, un proyecto a escala mayor.

2. EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN ADECUADA Y ADICIÓN DE PLASTIFICANTES: En el trabajo de Skurtys et al. hecho en el 2009. Se describen ampliamente una serie de aditivos los cuales se añaden a la matriz estructural de un recubrimiento. Como en este trabajo se han ensayado hidrocoloides de naturaleza polar como tales, los plastificantes y antimicrobiales empleados son también polares o han sido acondicionados para que se disuelvan en un medio hidrofílico. Hay otros aditivos de diferentes categorías los cuales no se han ensayado en este trabajo y se propone su incorporación en trabajos de esta índole; como el uso de aclarantes, saborizantes, conservantes (artificiales o naturales) e incluso probióticos que pueden ser usados como parte de la elaboración.

3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y MICROBIOLÓGICOS:

Parámetros y características auxiliares son por ejemplo el tamaño de poro en la biopelícula; la permeabilidad de O₂, CO₂ y etileno (hormona vegetal relacionada a la maduración de los frutos); y la fuerza de torsión, elongación y punción. Este último método requiere un módulo especial el cual aplica distintos niveles de fuerza en forma paralela y perpendicular. De igual modo, los módulos para detectar concentraciones y medir los niveles entre ambos lados del recubrimiento con mayor exactitud es la cromatografía HPLC, técnica que puede dar resultados con mayor precisión; el uso de diferentes sensores puede detectar oxígeno y dióxido de carbono molecular. Futuras investigaciones pueden hacerse enfocadas solo a la permeabilidad de estos gases. Se sugiere que se repita la medición de la permeabilidad al vapor de agua y la tasa de transferencia, pero en este caso empleando métodos automatizados y con mayor precisión.

Los análisis microbiológicos estuvieron enfocados en proteger el fruto de la invasión de hongos patógenos, pero hay otra serie de microbios los cuales también pueden afectar las fresas, eso incluyen distintos tipos de virus que si bien no atacan el fruto en sí, son un problema en el cultivo de fresas. Un enfoque el cual no se ha podido evaluar es la actividad antiviral del aldehído cinámico; ya que por referencias bibliográficas el aceite de canela que lo contiene también tiene un efecto protector contra virus. De igual modo el uso de otros agentes antimicrobianos conllevan al ensayo de sus capacidades antimicrobiales que son pruebas disponibles a realizar a futuro en próximas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Albizù, H.; Ac Pangán M.; “Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso cheddar” [Tesis Profesional], Escuela Agrícola Panamericana; Zamorano, Honduras, 2001.
2. Alcántara, M. de L.; “Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo post-cosecha y el transporte simulado” [Tesis Doctoral]; Universidad Politécnica de Valencia, España 2009.
3. Alonso, J.R.; Tratado de Fitofármacos y nutracéuticos, 2a. ed. Ed. Corpus. Buenos Aires, 2004. ISBN: 987-20292-3-7.
4. Atress S.H., El-Mogy M.M., Aboul-Anean H.E. and Alsanius B.W.; “Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride”; Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, Vol 2, 2010. 3° Ed., pp 88-97.
5. Ayranci, E., Tunc. S; “Cellulosed-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries” Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und –Forschung; Nov. 1997, Vol 205, 6° Ed., pp 470-473.
6. Avachat A., Dash R. and Shrotriya S.; “Recent investigations of plant based natural gums, mucilages and resins in novel drug delivery systems”, 2010. Ind J Pharm Edu Res, Mar 2011, Vol 45, 1° Ed., pp 86-99.
7. Baldwin, E.A., J.K. Burns, W. Kazokas, J.K. Brecht, R.D. Hagenmaier, R.J. Bender and E. Pesis 1999. “Effect of two coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage.” Postharvest Biol. Technol., Vol 17, pp. 215-226.
8. Bergeron, V.; Bonn, D.; Martin, J. Y.; Vovelle, L.; “Controlling droplet deposition with polymer additives”, Nature. 2000 Jun 15; Vol. 405, 6788° Ed., pp. 772-775.
9. Bósquez, E.; “Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinetica de deterioro en fresco del limón persa (*Citrus latifolia* T.)” [Tesis Doctoral], Universidad Autónoma Metropolitana, México DF, México, 2003.
10. Brack, A; “ATLAS Tesoros del Perú”, Primera Ed., Editorial Correo, Lima, Perú, 2011.
11. Burt, S. A.; “Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review”, Int J Food Microbiol. Aug 2004, Vol.1, 3° Ed., pp. 223-253.
12. Cerqueira M.A., Bourbona A.I., Pinheiroa A.C., Martinsa J.T., Souzaa B.W.S., Teixeira J.A. and Vicente A.A.; “Antioxidant potential of two red

- seaweeds from the Brazilian coasts”, J. Agric. Food Chem., 2011, Vol. 59, 10° Ed., pp. 5589–5594
13. Cisneros - Zevallos, L.; Krochta, J. M.; “Edible films and coatings for fruits and vegetables”, Journal of Food Science, 2003, Vol. 68, pp. 176-181.
14. Díaz-Sobac, R.; Garcia, H. S.; Beristain, C.I.; Vernon-Carter, E. J.; “Morphology and water vapor permeability of emulsion films based on mesquite gum”, Journal of Food Processing and Preservation, 2002, Vol. 26, 2° Ed., pp. 129–141.
15. Dickinson E.; “Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers”, Food Hydrocolloids, 2009, Vol. 23, pp. 1473–1482
16. Domenech X., Peral-Perez J.; “Química ambiental de sistemas terrestres” ; Editorial Reverte, Barcelona, España, 2006.
17. Estupiñán A.; “Estudio comparativo del contenido de ácido ascórbico del mucílago de Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller.), entre diferentes cultivos del departamento de Risaralda por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE).”, [Tesis Profesional], Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2012.
18. Finkenstadt, V. L. and Willett, J. L. “A direct-current resistance technique for determining moisture content in native starches and starch-based plasticized materials”. Carbohydrate Polymers, 2004, Vol. 55, pp. 149-154.
19. Freile-Pelegrín, Y.; Madera-Santana, T.; Robledo, D.; Veleza, L.; Quintana, P.; Azamar, J. A.; “Degradation of agar films in a humid tropical climate: Thermal, mechanical, morphological and structural changes” Journal on Polymer Degradation and Stability, 2007, Vol. 92, 2° Ed., pp. 244-252.
20. Görgey, S.; “Mechanics of agricultural materials”, 1986, Elsevier Science Publisher. Amsterdam. The Netherlands and Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary, pp.260-283.
21. Guilbert, S. “Technology and applications of edible protective films. In Food packaging and preservation: theory and practice”; Mathlouthi M. (Ed.), Elsevier Applied Science Publishers, New York, USA, 1986.
22. Hagenmaier, R.D. y Shaw, P.E.: “Permeability of shellac coatings to gases and water vapor”, American Journal on Horticulture Science, 1992, Vol. 117, pp.105–109.
23. Holcroft, D.M. and A.A. Kader.; “Carbon dioxide-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit”, Journal Postharvest Biol. Technol. 1999.
24. Huber K. C., Embuscado M. E.; “edible films and coatings for food applications”, Editorial Springer, Primera Ed., New York, USA, 2009.
25. Jaén Contreras D., Arévalo Galarza L. C., Enrique-Becerril Román A., Vázquez Hernández M., Escamilla García J. L.; “El impacto de la fruticultura sostenible en la post-cosecha de frutos”, Vol. 17, pp. 19-32. Colegio de

- Postgraduados, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. 2009.
26. Kader A. A.; "Post-harvest technology of horticultural crops", 2002, Third edition, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, University of California, USA, 535p.
 27. Keppler, F; Hamilton, JT; Brass, M; Rickmann, T.; "Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions", Nature. 2006; Vol.439, 7073° Ed., pp.87-91.
 28. Kester, J.; Fennema, O.; "Resistance of lipid films to water vapor transmission", Journal of the American Oil Chemists Society, 1989, Vol. 66, 8° Ed., pp.1139-1146.
 29. Krochta, J., Balwin, E., Nisperos- Carriedo, M.; "Edible coatings and films based on polysaccharides", pp. 379, Technomic Publishing Company, Londres, Reino Unido de Gran Bretaña, 1994.
 30. Liu, L.; Kerry, J. K.; Kerry, J. P.; "Effect of food ingredients and selected lipids on the physical properties of extruded edible films-castings.", International Journal of Food Science & Technology, 2006, Vol. 41, pp. 295–302.
 31. Lucas-Carrillo D.; "Biotecnología de Alimentos", Primera Ed., Editor El Cid, Santa Fe, Argentina. 2009.
 32. MAQUIMSA S.A. M.Y.M. de C.V.; "Hoja de propiedades del Parafilm M", Lima, Perú 2000.
 33. Márquez C. Carlos Jul., Otero E. Claudia Margarita, Cortés R. Misael. "Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en post-cosecha". Vitae, Jul. 2007, Vol. 14, 2° Ed., pp. 07-08.
 34. Marshall J.M.; "Aloe vera gel: what is the evidence?", The Pharmaceutical Journal, 1990, Vol. 24, pp.360–362.
 35. McHugh T. H., Senesi E.; "Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples", Journal of Food Science, 2000, Vol. 65, 3° Ed., pp. 480-485.
 36. Mei, Y.; Zhao, Y.; Yang, J.; Furr, H. R.; "Using edible coating to enhance nutritional and sensory qualities of baby carrots"; Journal of Food Science, 2002; Vol. 67, pp. 1964-1968.
 37. Mendoza, W.; Gandolfo, L.; Ponce, L.; Novel, J.; Marangoni, S.; "Estudios, estructura y función de una lecitina aislada de semillas de *Caesalpinia spinosa* Kuntze (tara)"; Idesia; Arica, Chile, 2007, Vol. 25, pp. 49-58.
 38. Mikkonen, K. S., Rita, H., Helen, H., Talja, R. A., Hyveonen, L., & Tenkanen, M.; "Effect of polysaccharide structure on mechanical and thermal properties of galactomannan-based films", Biomacromolecules; 2007, Vol. 8, 10° Ed., pp. 3198-3205.

39. MINAM - Perú.; “Estudio de la fresa en el Perú y el mundo”, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú; 2008.
40. Moncayo D. C., Buitrago G., Perilla J. E., Algecira N. A.; [Tesis Doctoral] “Aplicación de una dextrana como recubrimiento comestible en fresas”, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2011.
41. Myllärinen, P.; Partanen, R.; Sepalla, J.; Forsell, P.; “The crystallinity of amylose and amylopectin films”, Carbohydrate Polymers; 2002, Vol. 48, pp. 41-48.
42. Nonnecke, G. R. y Gladon, R. J.; “Controlling temperature and humidity improves shelf life”, Horticultural Science, 1998; Vol. 27, pp.331-333.
43. Norma Técnica Peruana 011.025:2010.
44. Olivera S., N.; “El cultivo de la fresa en el Perú.”, Ministerio de Agricultura, Republica del Perú, 2008.
45. Orellán G.; “El cultivo de la fresa”, [Presentación], Ingeniería de trabajo comunitario, Instituto Superior de Chicontepec, Nov., 2010.
46. Parente – Ribeiro C., M. A.: “Development and characterization of edible coatings to the preservation of cheese quality” [Tesis Doctoral], Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2010.
47. Park, S. I.; Zhao, Y.; “Incorporation of high concentrations of minerals or vitamins into chitosan-based films”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004; Vol. 52, 7° Ed., pp.1933-1939.
48. Perera González, S. D., Hernández Hernández, J. M., Siverio de la Rosa, F.; “Evaluación de la eficacia in vitro de productos naturales y químicos en el control de especies fúngicas que afectan al cultivo del plátano en Canarias”, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Gobierno Insular de Canarias, España, 2010.
49. Premanathan, M; Rajendran, S; Ramanathan, T; Kathiresan, K; Nakashima, H; Yamamoto, N.; “A survey of some Indian medicinal plants for anti-human immunodeficiency virus (HIV) activity.”, Indian Journal of Medicine, Sep. 2000, Vol. 112, pp. 73-77
50. Rabea, E. I.; Badawy, M. E. T.; Stevens, C. V.; Smagghe, G.; Steurbaut, W.; “Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action”, Biomacromolecules, Nov-Dec. 2003, Vol. 4., 6° Ed., pp. 1457-1465 .
51. Ramesh, M. N.; Siddalingaiya, G. P.; “Edible films and coatings based on fructooligosaccharides with probiotic properties”. [Patente], Patent Wipo WO/2006/103698”, 2006.
52. Restrepo F J. I.; Aristizábal T I. D.; “Conservación de fresa (*Fragaria X ananassa* Duch Cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de hoja de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba” [Tesis Magistral], Universidad de Colombia, Medellin, Colombia, 2010.

53. Ribeiro C., Vicente A. A., Teixeira J. A., Miranda C.; "Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence", *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmaceutica*, 2007, Vol. 17, 1° Ed., pp. 252-263.
54. Rojas-Graü, M. A.; Avena-bustillos, R. J.; Olsen, C.; Friedman, M.; Henika, P.; Martín-Belloso, O.; Pan, Z.; McHugh, T. H.; " Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films.", *Journal of Food Engineering*, Ago. 2007, Vol. 81, 3° Ed., pp.634-641
55. Romero-Bastida, C.A.; Zamudio-Flores, P.B. y Bello-Perez, L.A.; "Antimicrobianos en películas de almidón oxidado de plátano: Efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y de barrera", *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Dic. 2011, Vol. 10, 3° Ed., pp. 1665-2738
56. Saavedra, N.; Algecira, H.: "Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas", *NOVA (Revista de la Universidad Colegio Mayr de Cundinamarca)*, Nov. 2010, Vol. 8, 14° Ed., pp. 171-182.
57. Shaw, N. B.; Monahan, F. J.; O'Riordan, E. D.; O'Sullivan, M.; "Physical properties of WPI films plasticized with glycerol, xylitol, or sorbitol.", *Journal of Food Science*, January 2002, Vol. 67, 1° Ed., pp. 164-167.
58. Shukla, S.; "Aloe vera has biodiesel potential, reveals MSU study", *The Indian Express* 2008, pp. 23-24.
59. SIPPO Inc.: "Market survey for tara (*Caesalpinia spinosa*)", Compiled by ProFound Inc. 2009,
60. Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F., Aguilera J. M.; "Food hydrocolloid edible films and coatings", *Food Science Journal*, Nov. 2009, pp. 41-80.
61. Szczesniak, A.S.; Smith, B.J.; "Observations on strawberry texture, a three-pronged approach" *Journal of Textile Studies*, Nov. 1969, Vol. 1, 1° Ed., pp. 65-89.
62. Tapia, M. S.; Rojas-Graü, M. A.; Rodríguez, F. J.; Ramírez, J.; Carmona, A.; Martín-B., O.; "Alginate and gellan based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits.", *Journal of Food Science*, May 2007, Vol. 72, 4° Ed., pp. 190-196.
63. Tharanathan, R. N.; Srinivasa, P. C.; Ramesh, M. N.; "A process for production of biodegradable films from polysaccharides", [Patente] Indian Patent 0085/DEL/02.
64. Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A.; González-Martínez, C.; "Quality of cold stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings.", *Postharvest Biology and Technology*, Ago. 2006, Vol. 41, 2° Ed., pp. 164-171.

65. Vega G., N. Ampuero C., L. Díaz N., R. Lemus M.; “El Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales”, Revista Chilena de Nutrición, Dic. 2005, Vol. 32, 3° Ed.
66. Vergara S. A.; “Estudio de la fresa en La Libertad, Perú”, Publicación de la Gerencia Regional de Agricultura de Trujillo, 2008.
67. Wang, V. C. H.; Kim, M. S.; Lee, S. Y.; “Water vapor permeability and mechanical properties of soy protein isolate edible films composed of different plasticizer combinations”, Journal of Food Science, May. 2005, Vol. 70, pp. 387-391.
68. Weiss, J.; Takhistov, P.; McClements, D.; “Functional materials in food nanotechnology”, Journal of Food Science, Nov. 2006, Vol. 71, 9° Ed., pp.107-106.
69. Xu, X. Y.; Kim, K. M.; Hanna, M. A.; Nag, D.; “Chitosan-starch composite film: preparation and characterization.”, Industrial Crops and Products, Mar 2005, Vol. 21, 2° Ed., pp. 185-192.
70. Yates A.; “Yates Garden Guide”, HarperCollins Publishers, Australia, 2002, 72° Ed.
71. Yu-Hernandez, P. A.; “Efecto de la mezcla de plastificantes en las propiedades físicas, mecánicas y de transporte de películas de quitosano” [Tesis Profesional], Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, México, 2004.

ANEXOS

Aquí se hallan fotografías anexas y demás memorias de cálculo expuestos en el trabajo de tesis realizado.

ANEXO 1 – PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA SEGÚN LA NORMATIVA ASTM-E96-80 (1989).

La permeabilidad al vapor de agua de las películas (WVP por sus siglas en inglés), se determinó empleando una modificación del Método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96-80 (ASTM, 1989), conocido como el “método de la copa” o “celda de prueba”. En la figura A.1 se presenta el esquema de la celda de permeación empleada para este propósito, en donde se indican los valores de las presiones parciales de vapor de agua, los valores de humedad relativa y la altura de los espacios de estancamiento de aire.

El siguiente es un listado de todas las ecuaciones empleadas y la definición de cada uno de los parámetros:

$$\bullet \quad p_{w1} = p_o (HR_1/100) \quad (\text{Ec. 6.1})$$

$$\bullet \quad p_{w3} = p_o (HR_2/100) \quad (\text{Ec. 6.2})$$

$$\bullet \quad p_{w2} = P_T - (P_T - p_{w1}) * \text{EXP}(WVTRm * R * T * h_i / P_T * D) \quad (\text{Ec. 6.3})$$

$$\bullet \quad p_{w4} = P_T - (P_T - p_{w3}) * \text{EXP}(-WVTRm * R * T * h_o / P_T * D) \quad (\text{Ec. 6.4})$$

$$\bullet \quad HR_3 = p_{w2} * 100 / p_o * T \quad (\text{Ec. 6.5})$$

$$\bullet \quad HR_4 = p_{w4} * 100 / p_o * T \quad (\text{Ec. 6.6})$$

$$\bullet \quad WVTRc = WVTRm (p_{w1} - p_{w4} / p_{w2} - p_{w3}) \quad (\text{Ec. 6.7})$$

- $WVP_m = WVTR_m * L / p_{w1} - p_{w4}$ (Ec. 6.8)

- $WVP_c = WVTR_c * L / p_{w2} - p_{w3}$ (Ec. 6.9)

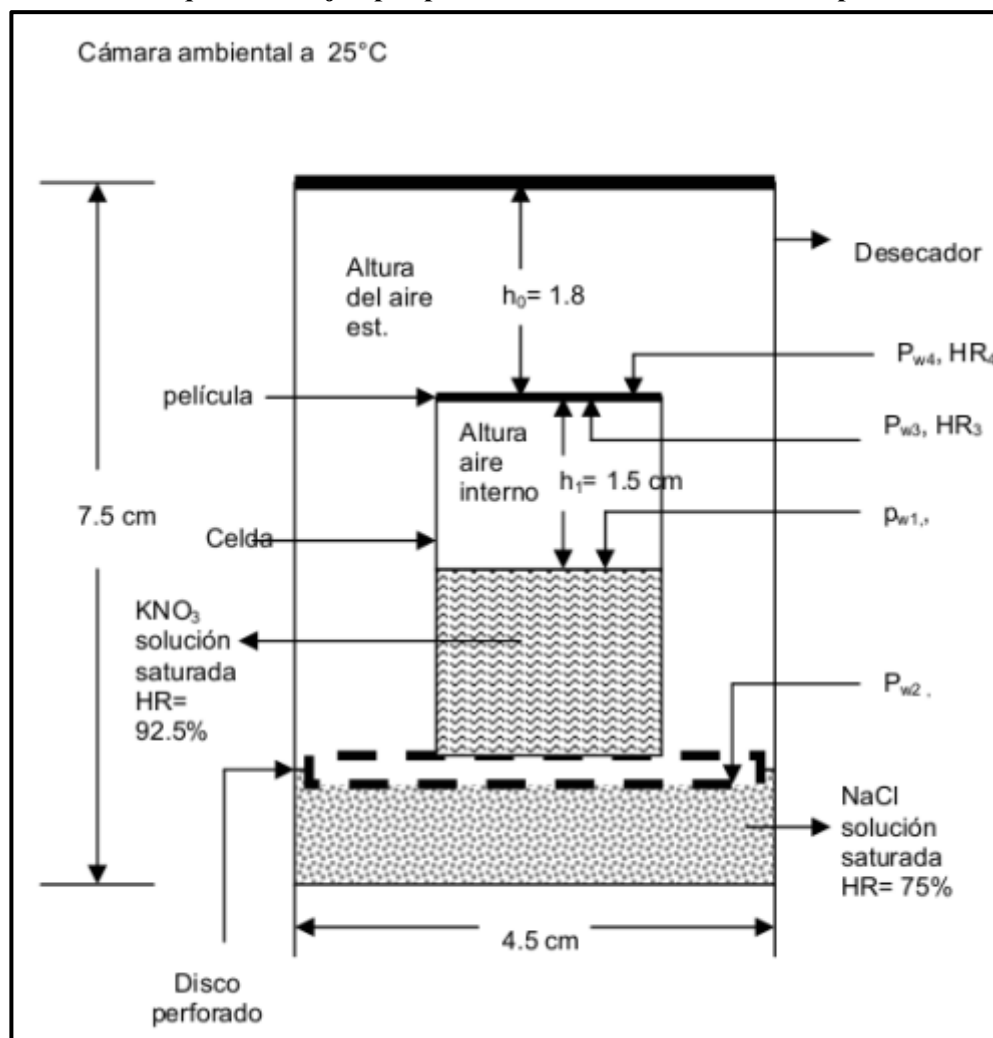
En donde:

- P_T = Presión total atmosférica (kPa)
- p_o = Presión del vapor de agua a la temperatura de la prueba (3.167 kPa)
- D = Difusividad del vapor de agua a través del aire a 25 °C = (2.81956m²/día)
- R = Constante universal de los gases (0.000462m³ kPa/g °K)
- T = Temperatura absoluta durante la prueba (298°K)
- L = Grosor del recubrimiento o película (mm)
- h_i = espacio de aire entre la película y la solución de KNO₃ (m)
- h_o = espacio de aire entre la película y la tapa del desecador (m)
- HR_1 = Humedad relativa de la solución saturada en el interior de la celda (%)
- HR_2 = Humedad relativa de la solución saturada en el interior de la celda (%)
- HR_3 = Humedad relativa real en el lado interno inmediato a la película (%)
- HR_4 = Humedad relativa real en el lado externo inmediato a la película (%)
- p_{w1} = presión parcial de vapor de agua sobre la solución saturada de KNO₃ (Pa)
- p_{w2} = presión parcial de vapor de agua sobre la solución saturada de NaCl (Pa)
- p_{w3} = presión parcial de vapor de agua sobre el lado interno de la película (Pa)
- p_{w4} = presión parcial de vapor de agua sobre el lado externo de la película (Pa)
- $WVTR_m$ = Valor medido de la transmisión de vapor de agua (g/m² día)
- $WVTR_c$ = Valor corregido de la transmisión de vapor de agua (g/m² día)

- WVP_m = Permeabilidad al vapor de agua medida ($\text{g mm/kPa m}^2 \text{ día}$)
- WVP_c = Permeabilidad al vapor de agua corregida ($\text{g mm /kPa m}^2 \text{ día}$)

El modulo fue hecho en base a este esquema presentado en la siguiente figura:

FIGURA A.1. Esquema de ejemplo para el módulo de medición de permeabilidad de



vapor de agua. (Fuente: Bósquez, 2003)

Este procedimiento ha tenido los pasos siguientes:

Primero se determina la tasa de transmisión del vapor de agua ($WVTR_m$) con los datos obtenidos de los cambios en peso de las celdas de permeación a través del tiempo y empleando la ecuación 2.1, de la siguiente manera:

$$WVTR_m = \frac{\text{pendiente}}{\text{área película}} \quad (\text{Ec. 6.10})$$

En donde la pendiente = Pérdida de peso vs. Tiempo; el análisis de regresión debe realizarse para asegurar que se obtiene el equilibrio y los coeficientes de regresión deben ser > 0.97 . Para este ejemplo emplearemos los datos obtenidos del biopolímero de tara, la pendiente para el ejemplo es de $0.175438596 \text{ g/día}$ y el área del recubrimiento fue de 0.00017566 m^2 .

$$\rightarrow WVTR_m = 0.175438596 / 0.00017566 = 998.7395906 \text{ g/m}^2 \text{ día}$$

Segundo, de acuerdo con el sistema estático empleado, la presión parcial del vapor de agua en el aire sobre la superficie de la solución saturada de KNO_3 (p_{w1}) es $>$ la presión parcial del vapor de agua en el lado interno de la película (p_{w3}), la que a su vez es mayor que la presión parcial del vapor de agua en lado externo de la película (p_{w4}), y ésta última es $>$ la presión parcial del vapor de agua en la superficie de la solución saturada de NaCl en el desecador (p_{w2}). Esta condición del sistema genera una diferencia de presión parcial aparente:

$$\Delta p_a = p_{w1} - p_{w2} \quad (\text{Ec. 6.11})$$

Y una diferencia de presión parcial de vapor real a través de la película:

$$\Delta p_r = p_{w3} - p_{w4} \quad (\text{Ec. 6.12})$$

Tercero, El valor de p_{w1} y de p_{w3} , se pueden calcular del siguiente modo:

$$p_{w1} = P_o (HR_1/100) \quad (\text{Ec. 6.1})$$

$$p_{w3} = P_o (HR_2/100) \quad (\text{Ec. 6.2})$$

En donde P_o es la presión de vapor de agua a la temperatura de la prueba (en este caso a 25°C) y se obtiene de tablas reportadas por la literatura (Bósquez, 2003), y equivale a 3.167 kPa .

Sustituyendo datos en las ecuaciones 2.4 y 2.5, se tiene:

$$\rightarrow p_{w1} = 92.5 * (3.167/100) = 2.929475 \text{ kPa.}$$

$$\rightarrow p_{w2} = 75 * (3.167/100) = 2.37525 \text{ kPa.}$$

Cuarto, Las ecuaciones que permiten calcular la presión parcial de vapor corregida en el lado interno y externo de la película o recubrimiento hidrofílico, son las siguientes:

$$p_{w2} = P_T - (P_T - p_{w1}) * \text{EXP}(WVTRm * R * T * h_i / P_T * D) \quad (\text{Ec. 6.3})$$

$$p_{w4} = P_T - (P_T - p_{w3}) * \text{EXP}(-WVTRm * R * T * h_o / P_T * D) \quad (\text{Ec. 6.4})$$

En donde P_T es la presión atmosférica total, que considerando la altura de la ciudad de Arequipa, equivale a 76.260184 kPa; T es la temperatura absoluta durante la prueba = 298°K; R = Cte. Universal de los gases= 0.000462 m³ kPa/g °K; D es el coeficiente de difusión del vapor de agua en el aire, el cual dadas las condiciones de la prueba, puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{0.001 * T^{1.75} [(1/M_A) + (1/M_B)]^{1/2}}{P [(\Sigma_A v_i)^{1/3} + (\Sigma_B v_i)^{1/3}]^2} \quad (\text{Ec. 6.13})$$

En donde M_A y M_B son los pesos moleculares del agua y del aire, respectivamente, T en °K, P es la presión absoluta en kPa, v_i representa el volumen de difusión atómica (de tablas) y D está dado en m²/día. Para este caso en particular es $D = 2.886407$ m²/día.

Para nuestro ejemplo, $h_i = 2.15$ cm, es el espacio de aire entre la película y la superficie de la solución saturada de KNO₃ en el interior de la celda (vial), y $h_o = 2.5$ cm es el espacio que se encuentra entre la película y la parte superior de la tapa del desecador que contiene a la celda. Sustituyendo datos en las ecuaciones 6.3 y 6.4, se obtiene:

$$\rightarrow p_{w2} = 76.260184 - (76.260184 - 2.929475) * \text{EXP} [(998.7395906 (0.000462) (298)(0.0215) / 76.260184 (2.886407)] = -5.757122464 \text{ kPa}$$

$$\rightarrow p_{w4} = 76.260184 - (76.260184 - 2.37525) \text{EXP} 998.7395906 (0.000462) (298)(0.025) / 76.260184 (2.886407)] = 11.39353699 \text{ kPa}$$

Quinto, con los datos anteriores se puede obtener la tasa de transmisión de vapor de agua corregida con la siguiente ecuación:

$$WVTRc = WVTRm (p_{w1} - p_{w4} / p_{w2} - p_{w3}) \quad (\text{Ec. 6.7})$$

Si se reemplazan los datos:

$$\rightarrow WVTRc = 1039.474501 \text{ g /m}^2 \text{ día}$$

6) Finalmente, con la tasa de transmisión de vapor de agua corregida y considerando el grosor de la película o recubrimiento, entonces se puede calcular la permeabilidad al vapor de agua medida del recubrimiento hidrofílico con la ecuación siguiente:

$$WVPm = WVTRm * L / p_{w1} - p_{w4} \quad (\text{Ec. 6.8})$$

Si se reemplazan los datos:

$$\rightarrow WVPm = -3.760585732 \text{ kPa m}^2/\text{día}$$

La permeabilidad al vapor de agua corregida, puede entonces obtenerse con la siguiente ecuación:

$$WVPc = WVTRc * L / p_{w2} - p_{w3} \quad (\text{Ec. 6.9})$$

Y reemplazando los datos, se obtiene que:

$$\rightarrow WVPc = -4.073602443 \text{ kPa m}^2/\text{día}$$

Cada calculo ha sido hecho para cada una de las biopelículas evaluadas, siendo en total 8 los biopolímeros evaluados más la evaluación del control de Parafilm ®. En el caso de la sábila, a diferencia de la tara se ha empleado un ajuste de regresión cuadrática en vez de lineal, ya que se ajustaba mejor a la curva obtenida, el software matemático - estadístico empleado para las regresiones ha sido MATLAB 7.0a .

ANEXO 2 – CÁLCULOS PARA LA EVALUACIÓN DE CONCENTRACION OPTIMA DE BIOPOLIMERO Y LA ADICIÓN DE HIDROCOLOIDES

Estos fueron cálculos preliminares y para hallar las concentraciones optimas de hidrocoloides, en diluciones con agua:

En el caso de la sábila (secado a 50°C por 20h):

- Volumen inicial = 20 mL
- Densidad del mucílago de sábila = 1.012 g/mL
- 40 % S: $20 \times 40/100 = 8.09 \text{ mL} \times 1.012 = 8.19 \text{ mL}$
- 50 % S: $20 \times 50/100 = 10.12 \text{ mL} \times 1.012 = 10.24 \text{ mL}$
- 60 % S: $20 \times 60/100 = 12.14 \text{ mL} \times 1.012 = 12.29 \text{ mL}$
- 70 % S: $20 \times 70/100 = 14.17 \text{ mL} \times 1.012 = 14.34 \text{ mL}$

Para el caso de tara (secado a 50°C por 25 horas)

- Volumen inicial = 22 mL
- Densidad de la goma de tara = 1.320 g/mL
- $22 \text{ mL} \times 1.320 \text{ g/mL} = 29.04 \text{ mL}$
- 40 % S: $29.04 \times 40/100 = 11.62 \text{ mL}$
- 50 % S: $29.04 \times 50/100 = 14.52 \text{ mL}$
- 60 % S: $29.04 \times 60/100 = 17.42 \text{ mL}$
- 70 % S: $29.04 \times 70/100 = 20.33 \text{ mL}$

Luego se han ensayado las diferentes concentraciones de los diferentes aditivos mezclados en los hidrocoloides, primero se han de detallar las mezclas con el hidrocoloides de sábila, el primero es del glicerol (a 50°C por 35h).

- Volumen inicial =146 mL
- Densidad del mucílago de sábila = 1,012 g/mL
- $146 \text{ mL} \times 1.012 \text{ g/mL} = 147.75 \text{ mL}$
- Densidad del glicerol = 1.26 g/mL
- 0.5 % G: $147.75 \times 0.5/100 = 0.74 \text{ mL} \times 1.26 = 0.93 \text{ mL}$
- % G: $147.75 \times 1.0/100 = 1.48 \text{ mL} \times 1.26 = 1.86 \text{ mL}$
- 1.5% G: $147.75 \times 1.5/100 = 2.22 \text{ mL} \times 1.26 = 2.80 \text{ mL}$
- 2.0% G: $147.75 \times 2.0/100 = 2.96 \text{ mL} \times 1.26 = 3.73 \text{ mL}$

Luego se empleó el aceite de oliva (secado a 50°C por 35h):

- Volumen inicial =146 mL
- Densidad del mucílago de sábila = 1,012 g/mL
- $146 \text{ mL} \times 1.012 \text{ g/mL} = 147.75 \text{ mL}$
- Densidad de aceite de oliva = 0.91 g/mL
- 0.1 % Tween 80 = $0.1 \times 147.75/100 = 0.15 \text{ mL}$
- 0.5 % G: $147.75 \times 0.5/100 = 0.74 \text{ mL} \times 0.91 = 0.67 \text{ mL}$
- 1.0 % G: $147.75 \times 1.0/100 = 1.48 \text{ mL} \times 0.91 = 1.35 \text{ mL}$
- 1.5% G: $147.75 \times 1.5/100 = 2.22 \text{ mL} \times 0.91 = 2.02 \text{ mL}$
- 2.0% G: $147.75 \times 2.0/100 = 2.96 \text{ mL} \times 0.91 = 2.70 \text{ mL}$

A continuación se exponen los cálculos de los aditivos aplicados al hidrocoloides de tara, el primero fue el glicerol (secado a 50°C por 25h):

- Volumen inicial= 22mL
- Densidad de la goma de tara = 1.320 g/mL
- $22 \text{ mL} \times 1.320 \text{ g/mL} = 29.04 \text{ mL}$
- Densidad del glicerol = 1.26 g/mL
- 0.5 % G: $29.04 \times 0.5/100 = 0.15 \text{ mL} \times 1.26 = 0.19 \text{ mL}$
- 1.0 % G: $29.04 \times 1.0/100 = 0.29 \text{ mL} \times 1.26 = 0.37 \text{ mL}$
- 1.5% G: $29.04 \times 1.5/100 = 0.44 \text{ mL} \times 1.26 = 0.55 \text{ mL}$
- 2.0% G: $29.04 \times 2.0/100 = 0.58 \text{ mL} \times 1.26 = 0.73 \text{ mL}$

Luego se detalla el uso del aceite de oliva (a 50°C por 25h):

- Volumen inicial= 22 mL
- Densidad de la goma de tara = 1.320 g/mL
- Densidad de aceite de oliva = 0.91 g/mL
- $22 \text{ mL} \times 1.320 \text{ g/mL} = 29.04 \text{ mL}$
- % Tween 80 = $0.1 \times 29.04 / 100 = 0.030 \text{ mL}$
- 0.5 % A.O: $29.04 \times 0.5/100 = 0.15 \text{ mL} \times 0.91 = 0.14 \text{ mL}$
- 0.75 % A.O: $29.04 \times 0.75/100 = 0.22 \text{ mL} \times 0.91 = 0.20 \text{ mL}$
- % A.O: $29.04 \times 1.0/100 = 0.29 \text{ mL} \times 0.91 = 0.26 \text{ mL}$

Por la escasez de aceite de canela este solo fue utilizado en los biopolímeros hechos de tara, en este caso (a 50°C por 25h):

- Volumen inicial = 22 mL
- Densidad de la goma de tara = 1.320 g/mL
- Densidad de aceite de canela = 1.0318 g/mL
- $22 \text{ mL} \times 1.320 \text{ g/mL} = 29.04 \text{ mL}$
- $\% \text{ Tween } 80 = 0.1 \times 29.04/100 = 0.030 \text{ mL}$
- $0.5 \% \text{ A.C: } 29.04 \times 0.5/100 = 0.15 \text{ mL} \times 1.0318 = 0.15 \text{ mL}$
- $0.75 \% \text{ A.C: } 29.04 \times 0.75/100 = 0.22 \text{ mL} \times 1.0318 = 0.23 \text{ mL}$
- $\% \text{ A.C: } 29.04 \times 1.0/100 = 0.29 \text{ mL} \times 1.0318 = 0.30 \text{ mL}$.

Luego de evaluar todas las concentraciones ensayadas hemos, empleado las mejores para hacer una mezcla la cual corresponde a la solución óptima de biopolímero de tara, en este caso para 30mL (secado a 25°C por 50h):

- Volumen inicial = 22 mL
- Densidad de la goma de tara = 1.320 g/mL
- Densidad del glicerol = 1.26 g/mL
- Densidad de aceite de canela = 1.0318 g/mL
- $22 \text{ mL} \times 1.320 \text{ g/mL} = 29.04 \text{ mL}$
- $0.25 \% \text{ Tween } 80 = 0.25 \times 29.04/100 = 0.073 \text{ mL}$
- $0.25 \% \text{ A.C: } 29.04 \times 0.25/100 = 0.0726 \text{ mL} \times 1.0318 = 0.075 \text{ mL}$
- $0.5 \% \text{ G: } 29.04 \times 0.5/100 = 0.15 \text{ mL} \times 1.26 = 0.189 \text{ mL}$

El volumen anterior es una prueba en placa Petri, para obtener suficiente biopolímero para utilizarlo como recubrimiento protector en masa, se ha preparado un volumen

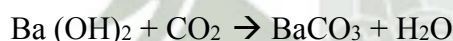
final de 300 para las bandejas de vidrio diseñadas para este experimento (secadas a 50°C por 45h)

- Volumen inicial = 225 mL
- Densidad de la goma de tara = 1.320 g/mL
- Densidad del glicerol = 1.26 g/mL
- Densidad de aceite de canela = 1.0318 g/mL
- $225 \text{ mL} \times 1.320 \text{ g/mL} = 297 \text{ mL}$
- $0.25 \% \text{ Tween } 80 = 0.25 \times 297/100 = 0.74 \text{ mL}$
- $0.25 \% \text{ A.C: } 297 \times 0.25/100 = 0.7425 \text{ mL} \times 1.0318 = 0.766 \text{ mL}$
- $0.50 \% \text{ G: } 297 \times 0.50/100 = 1.485 \text{ mL} \times 1.26 = 1.871 \text{ mL}$

ANEXO 3 – PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA TASA DE RESPIRACIÓN EN FRUTOS SEGÚN EL METODO DE MARQUEZ et al.

Se empleó el método volumétrico, el cual consiste en medir el CO₂ desprendido de la respiración del fruto en una campana hermética, este método está basado en la precipitación de CO₂ como carbonato de bario en presencia de Hidróxido de Bario para luego realizar la determinación cuantitativa de titulando con ácido oxálico 0.1 N.

Para ello se acondicionó primero una cámara hermética, la cual se conectó en su parte superior una manguera a un tubo de ensayo cerrado con un tapón y un tubo de vidrio para la conexión con la manguera. Una vez que se acondicionó con la cámara se colocó el fruto en la cámara, posteriormente se cerró herméticamente, en el tubo de ensayo se colocó 20 mL de Hidróxido de Bario 0.1 N inmediatamente se colocó el tapón quedando listo el montaje, el cual se dejó por 16 horas aproximadamente para que el CO₂ reaccionara con el Hidróxido de Bario del recipiente de vidrio siendo la reacción de esta forma:



Luego del tiempo esperado se recogió la muestra de hidróxido de bario del frasco y se tituló con ácido oxálico usando fenolftaleína como indicador, se anotó el volumen observado. Conjuntamente se realizó una prueba en blanco colocando el mismo montaje con los 20 mL de Hidróxido de bario sin fruto en la cámara titulando de forma similar luego del tiempo transcurrido con ácido oxálico.

El valor de la tasa de respiración se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{mg\text{CO}_2}{gh} = \frac{(V_b - V_0)ml * 22g\text{CO}_2 * 60 \text{ min} * N_{\text{ácido oxálico}}}{t_{\text{barrido}} * \text{peso}_{\text{muestra}}} \quad (\text{Ec. 6.14})$$

Dónde:

- V₀: Volumen de ácido oxálico gastado en titulación de 50 mL de Ba (OH)₂ blanco.

- V_b : Volumen de ácido oxálico gastado para titular la solución de $Ba(OH)_2$ respirado por el fruto.
- Normalidad oxálico: Normalidad del ácido oxálico
- Tiempo de barrido: tiempo en que funciona el montaje
- Peso de la muestra: Peso del fruto en (g)
- 22 g CO_2 : Peso equivalente del CO_2

Para este caso se pondrá el ejemplo de la evaluación de la tasa de respiración de una de las fresas, evaluada a $22,7^\circ C$ y una H.R. de 31%. Teniendo un $V_0 = 3.5mL$, un $V_b = 3mL$, un tiempo de barrido de 16 horas y un peso final de la fresa de 9.43g. Si son llevados a la ecuación 6.14. El resultado es el siguiente:

$$T.R.FRESA (mgCO_2/gh) = ((3.5-3)mL * 22g CO_2 * 60min * 0.1N) / (16 horas * 9.43g)$$

$$T.R.FRESA (mgCO_2/gh) = 38.89875 mgCO_2/gh.$$

Se hace una conversión a las unidades especificadas en la tabla de respiración de la fresa (véase capítulo 1.6.2.)

$$T.R.FRESA (mgCO_2/kggh) = 76.90282875 mLCO_2/kggh.$$

ANEXO 4 – PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE GASTO DE TITULACIÓN PARA PORCENTAJE DE ACIDEZ, CORRECCIÓN DE GRADOS BRIX E INDICE DE MADUREZ.

El método para medir el porcentaje de acidez en una muestra, es por el gasto de titulación de los ácidos presentes en la fresa con una base débil como el NaOH a 0.1N. Los resultados están expresados como porcentaje de ácido cítrico. El método requiere 1mL de muestra diluido en 10mL de agua, y el uso de Fenolftaleína como indicador.

Por ejemplo si el gasto es de 2.0mL de NaOH, se tiene que aplicar la formula siguiente:

$$\%acido\ citrico = \frac{V_1 * N}{V_2} * k * 100 \quad (Ec. 6.15)$$

En donde:

- V_1 es el volumen del gasto en mL
- N es la normalidad del NaOH (0.1N)
- V_2 es el volumen de la muestra (5mL)
- k es el peso equivalente del ácido cítrico (0.064 g/meq)

El siguiente cálculo efectuado fue la corrección de los grados Brix registrados con el refractómetro, la corrección se hace para eliminar interferentes como las mismas semillas de fresa dentro del líquido que se quiere evaluar, y solo da como resultado los sólidos en suspensión totales, la fórmula para su obtención es la siguiente:

$$SSTc = 0.194 * A + SSTm \quad (Ec. 6.16)$$

En donde:

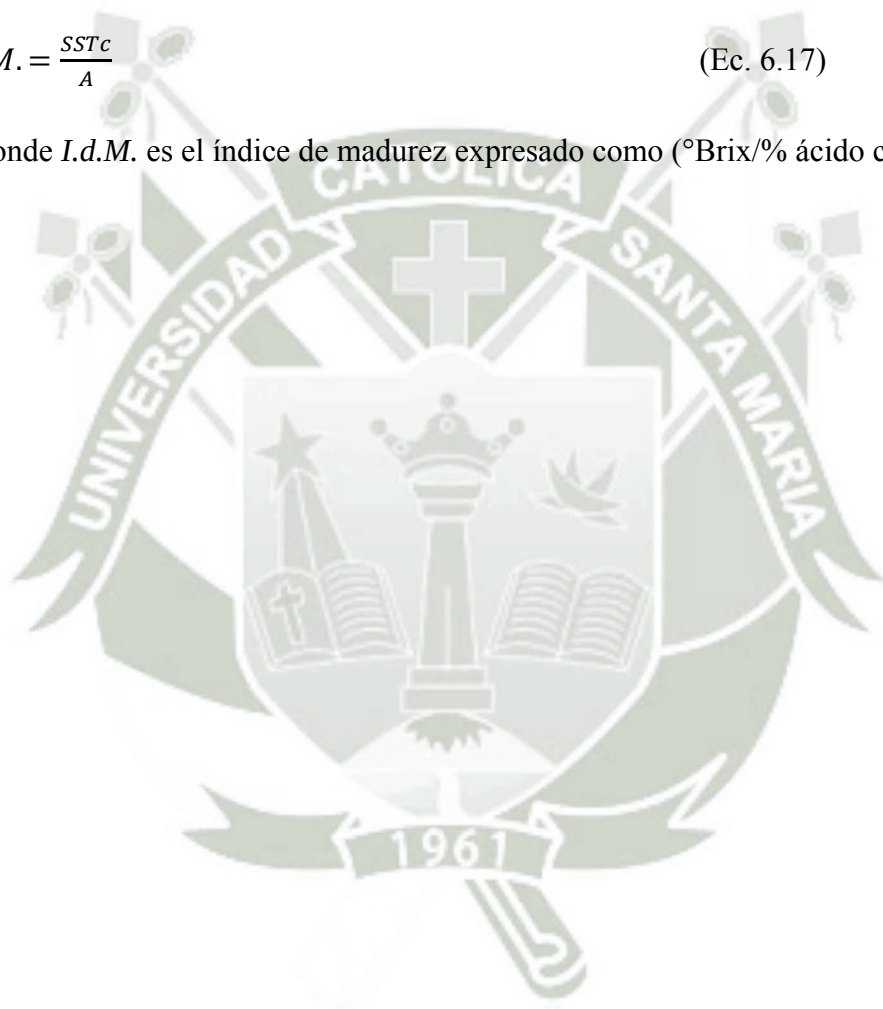
- $SSTc$ son los grados Brix corregidos como Sólidos en Suspensión Totales

- 0.194 es un factor de conversión
- A es el porcentaje de acidez de la muestra
- $SSTm$ son los grados Brix medidos con el refractómetro.

El índice de madurez es la relación entre la cantidad de Sólidos en Suspensión Totales corregidos y el Porcentaje de Acidez en la muestra, según esta fórmula a continuación:

$$I. d. M. = \frac{SSTc}{A} \quad (\text{Ec. 6.17})$$

En donde $I.d.M.$ es el índice de madurez expresado como ($^{\circ}\text{Brix}/\%$ ácido cítrico).



ANEXO 5 – INFORMES DE LA EVALUACIÓN MICROSCOPICA DE LOS BIOPOLIMEROS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

INFORME DE CARACTERIZACIÓN POR MICROSCÓPIA ELECTRÓNICA

SOLICITANTE:	RODRIGO LAZO ALONSO CASTRO
ENTIDAD EJECUTORA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA
SERVICIO SOLICITADO	Caracterización por Microscopía Electrónica de Barrido – Análisis de Rayos X por Energía Dispersiva
MUESTRA	04 muestras BIOPOLIMEROS
INFORME	CONSTA DE QUINCE PÁGINAS
REALIZADO POR	Ing ^o . Edwin J. Urday Urday. Ing ^o . Joe A. Soto Flores.
FECHA	Arequipa, Enero del 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Caracterización y microanálisis por microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis de rayos X por dispersión de energía (EDX)

Ing^o. Edwin J. Urday Urday
*Universidad Nacional de San Agustín
de Arequipa. Centro de Microscopía
Electrónica.*
eurday@unsa.edu.pe

Ing^o. Joe A. Soto Flores
*Universidad Nacional de San Agustín
de Arequipa. Centro de Microscopía
Electrónica.*
jsotof@unsa.edu.pe

Resumen

Se utilizó el microscópico electrónico de barrido Philips SEM XL 20 y el micro analizador de rayos X por dispersión de energía EDAX DX 4i para caracterizar 04 muestra de material de biopolímeros denominados T, TA, TG y TGA para determinar el espesor promedio de cada película y su morfología. Las muestras al ser de tipo no metálicas serán metalizadas, es decir serán recubiertas por una capa metálica de oro de espesor aproximado de 100 Angstroms con el metalizador de vacío Denton Vacuum Desk II, con la finalidad que las muestras sean conductoras y poder ser analizadas en el microscopio electrónico.

Las muestras al ser observadas al microscopio electrónico mostraron nódulos de forma redonda, formaciones alargadas y venosas, su morfología varía de superficies lisas a rugosas según las microfotografías adjuntas.

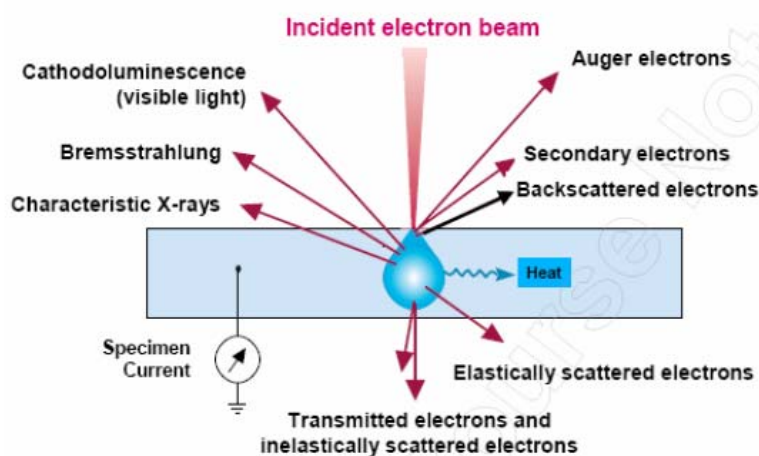
Introducción

El microscopio electrónico de barrido es uno de los instrumentos más versátiles para investigar la microestructura de los materiales

Al interaccionar la muestra con el haz de electrones incidente se genera diferentes señales que se pueden usar para la caracterización de materiales.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



Todos los microscopios electrónicos de barrido normalmente están equipados con detectores de electrones secundarios y de electrones retrodispersados. De las otras radiaciones, los rayos X se usan principalmente para análisis químico. Las otras señales también son importantes, pero se usan para aplicaciones especializadas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

INFORME TÉCNICO

1. Objetivo

Realizar el estudio de caracterización con el Microscopio Electrónico de Barrido – por Energía Dispersiva de Rayos X, para identificar el espesor (grosor) de las películas de biopolímeros, así como también la caracterización morfológica superficial de las 04 muestras.

2. Método de Trabajo

Para el estudio por microscopía electrónica se utilizó el microscopio electrónico de barrido Philips SEM XL 20 y el Metalizador de Muestras Denton Vacuum Desk II.

3. Resumen

Las 04 muestras de biopolímeros denominadas T, TA, TG y TGA fueron analizadas con el software Image Tool for Windows v3.00 de análisis de imagen para determinar el espesor de cada una de ellas, siendo los resultados según la tabla 1; donde el espesor promedio de cada muestra es:

MUESTRA	ESPESOR PROMEDIO
T	31.49 micrones
TA	241.61 micrones
TG	20.76 micrones
TGA	16.54 micrones

Tabla 1. Espesores Promedios de Biopolímeros.

La caracterización morfológica de las 04 muestras de biopolímeros se describen a continuación:

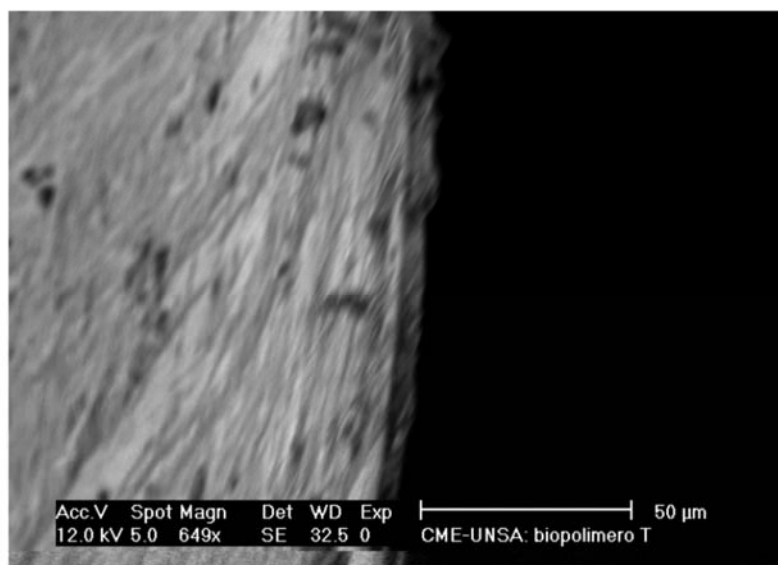
1. Muestra T: muestra algunos nódulos redondos y formas alargadas.
2. Muestra TA: muestra mayor formación de nódulos de forma redonda.
3. Muestra TG: muestra pocos nódulos de forma redonda y superficie mas lisa
4. Muestra TGA: muestra con pocos nódulos de mayor tamaño superficie con formas alargadas.



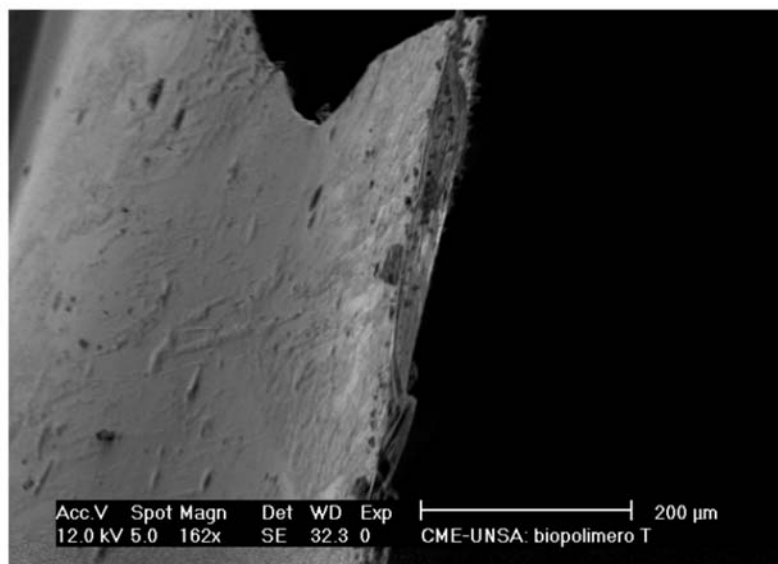
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

4. Análisis de Muestras

4.1. Muestra T



Microfotografía 1



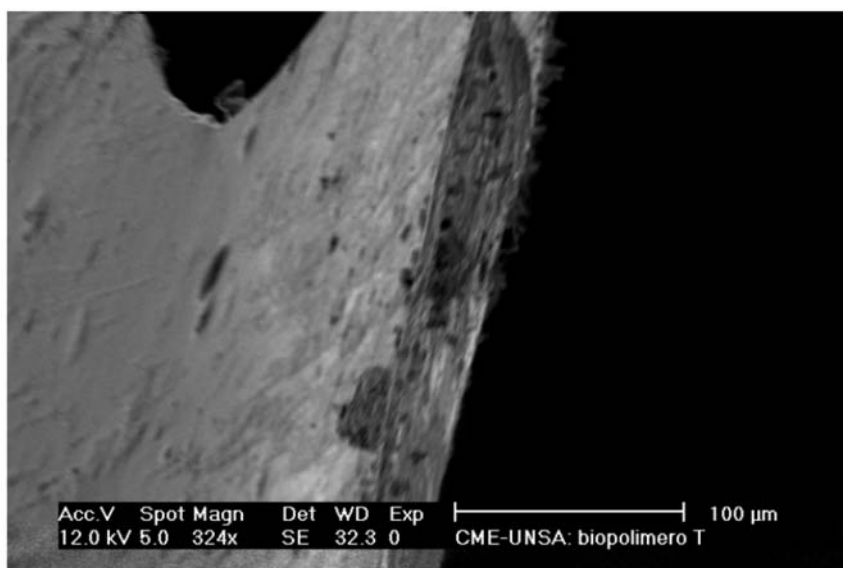
Av. Independencia s/n – Arequipa – Perú
Área de Ingenierías
www.unsa.edu.pe

Página 6 de 15

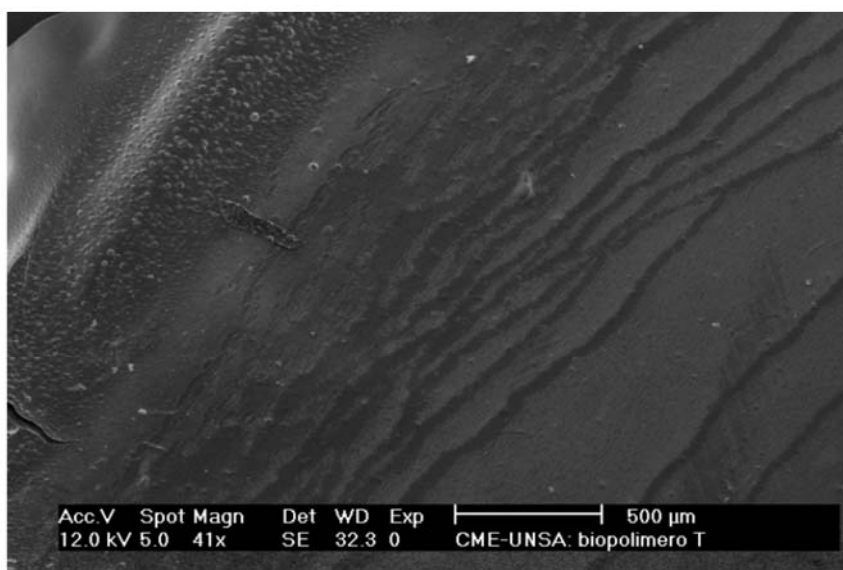


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 2



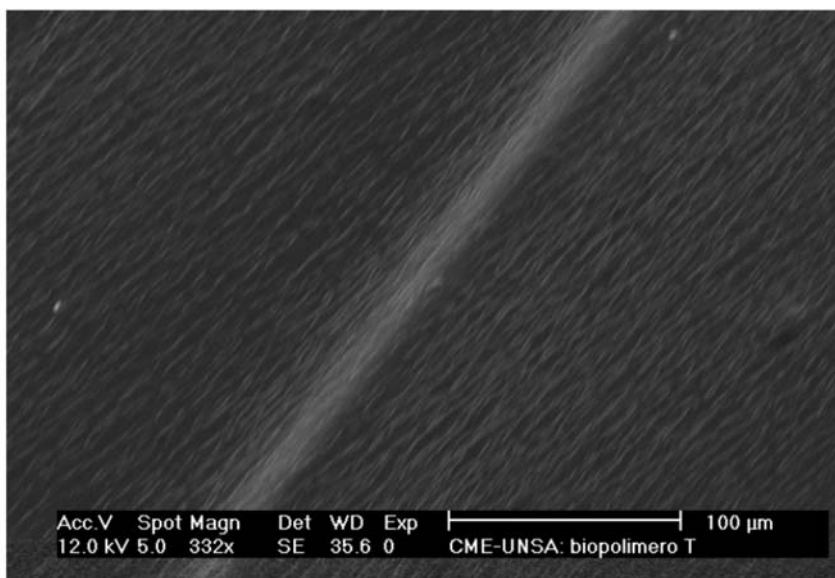
Microfotografía 3





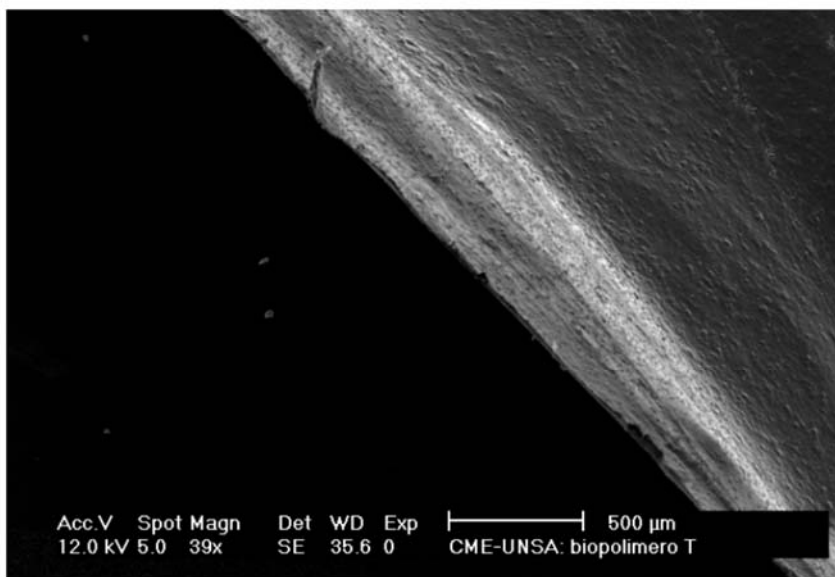
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 4



Microfotografía 5

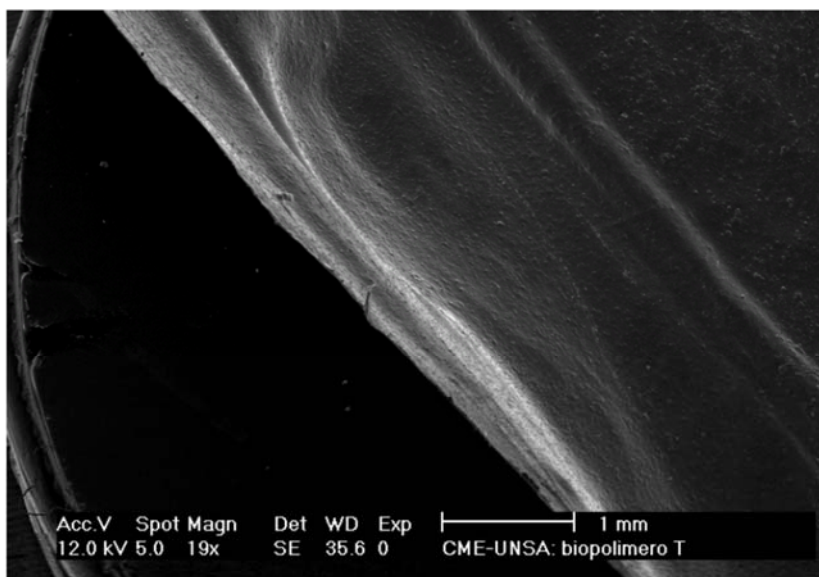
4.2 Muestra TA



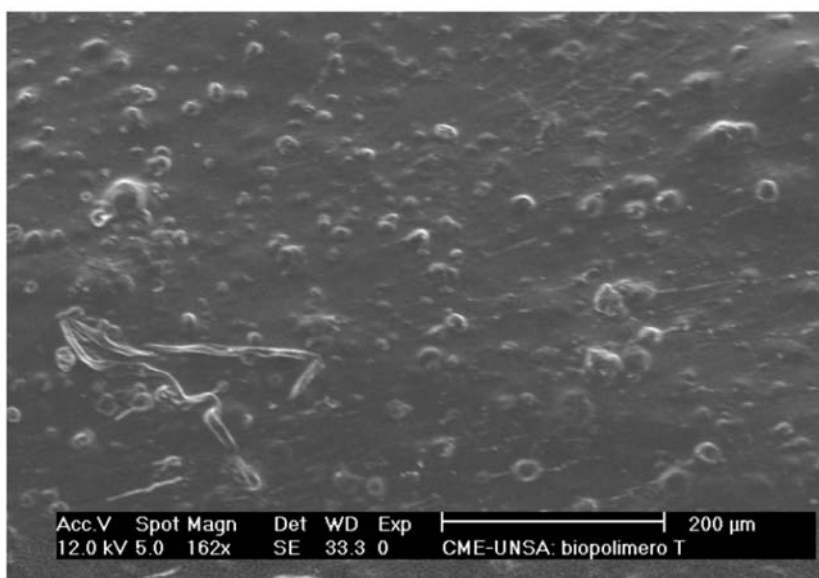


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 6



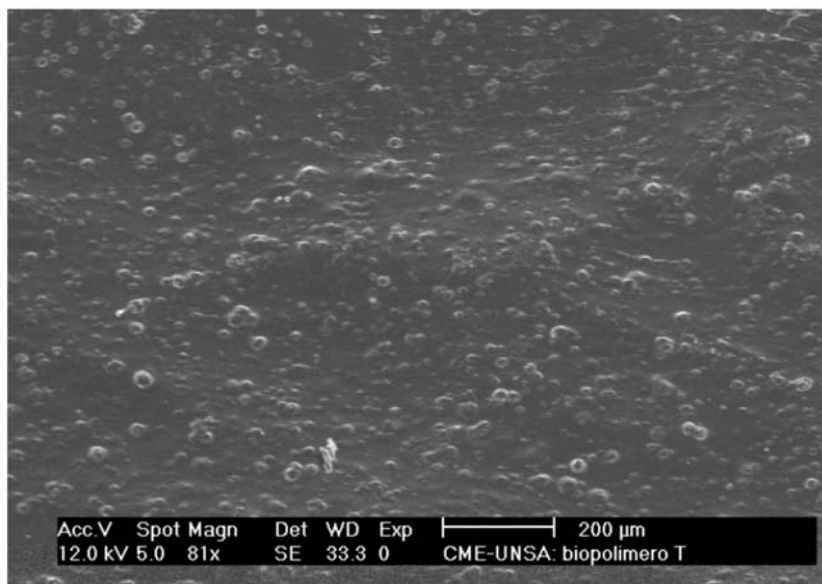
Microfotografía 7



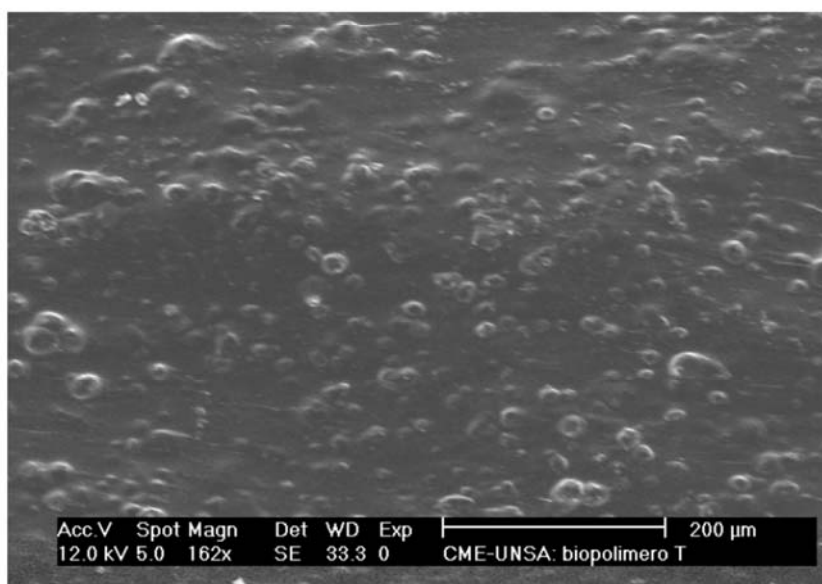


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 8



Microfotografía 9

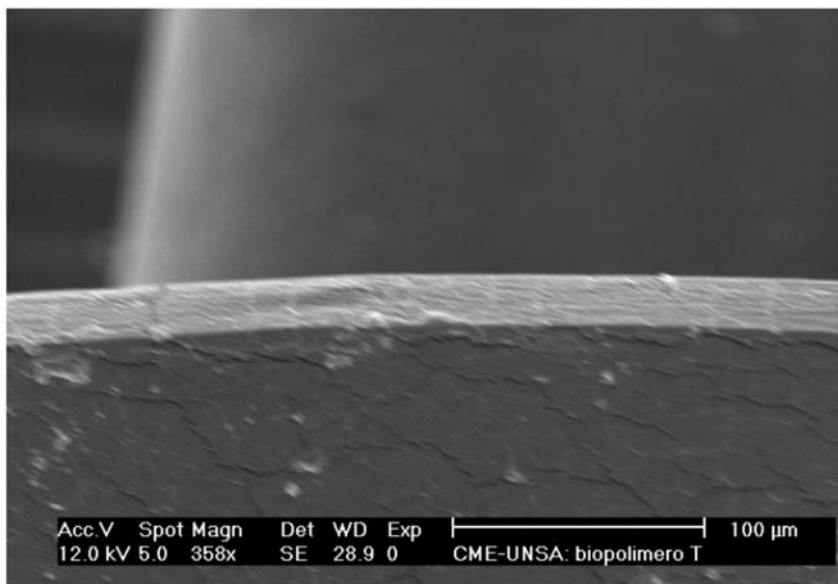




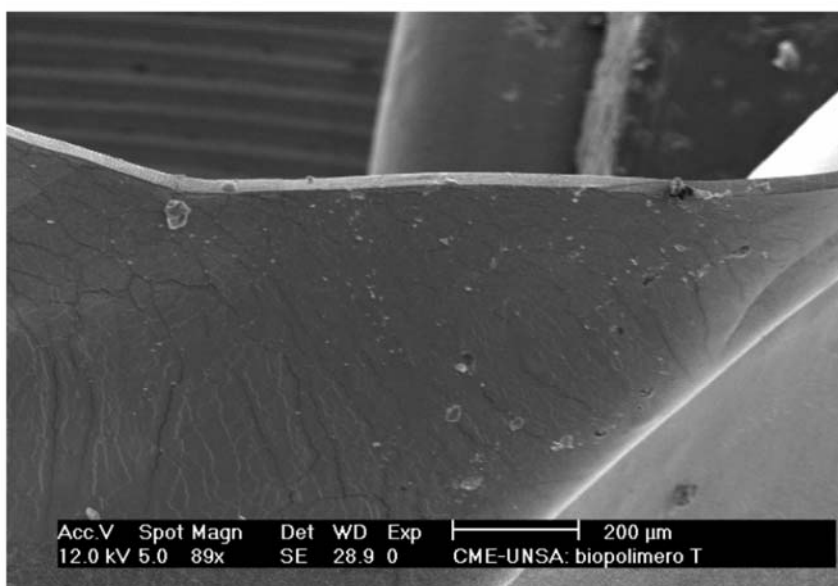
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 10

4.3 Muestra TG



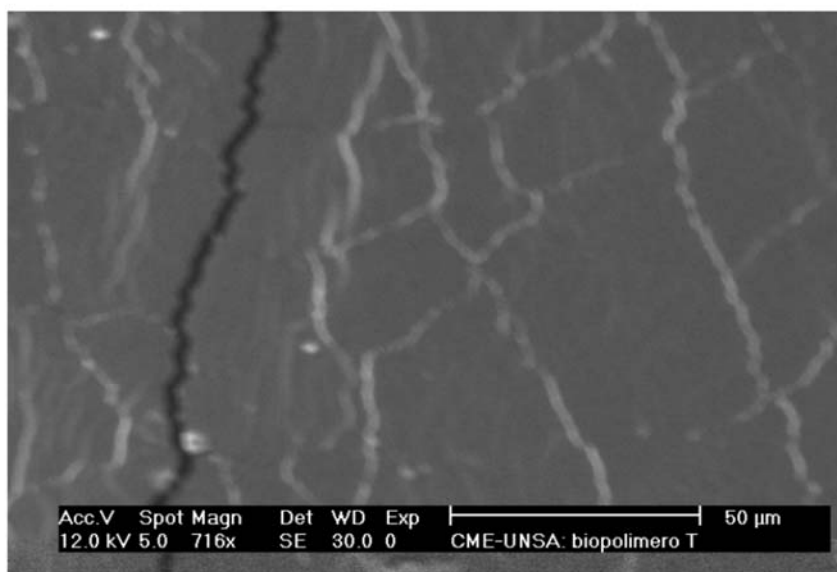
Microfotografía 11



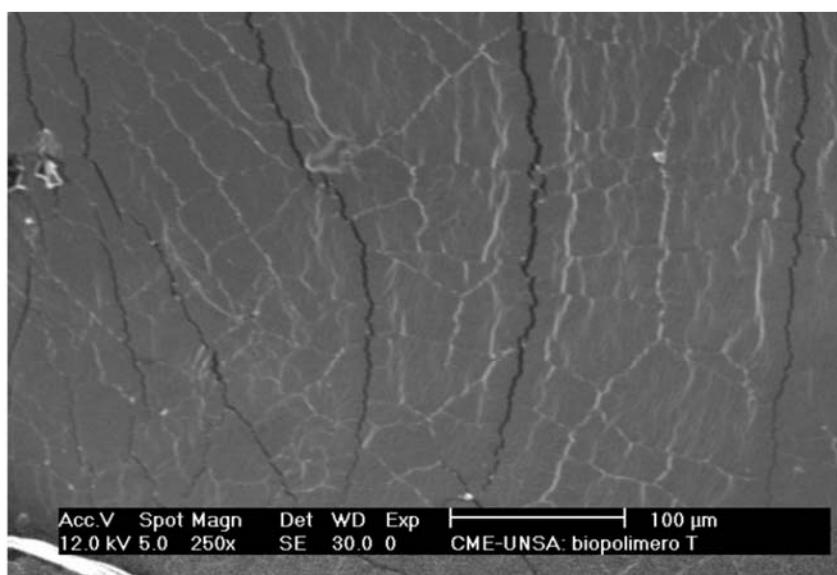


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 12



Microfotografía 13

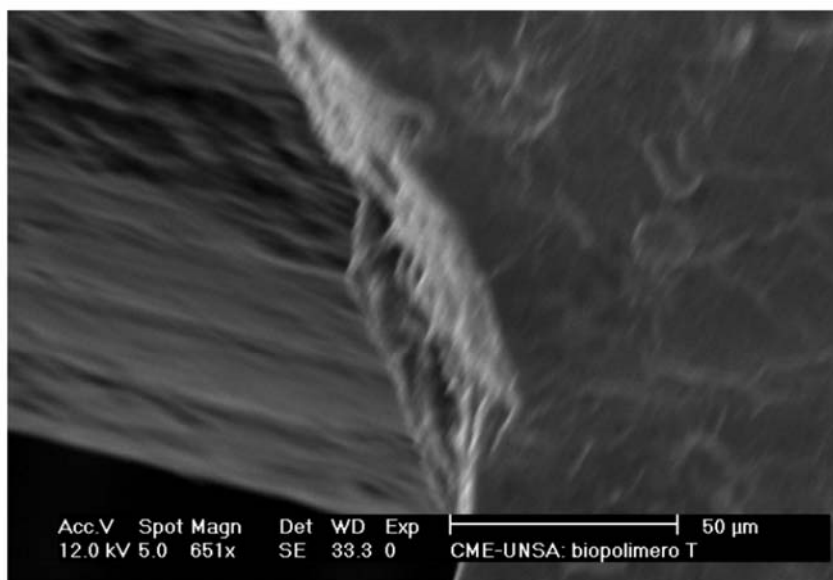




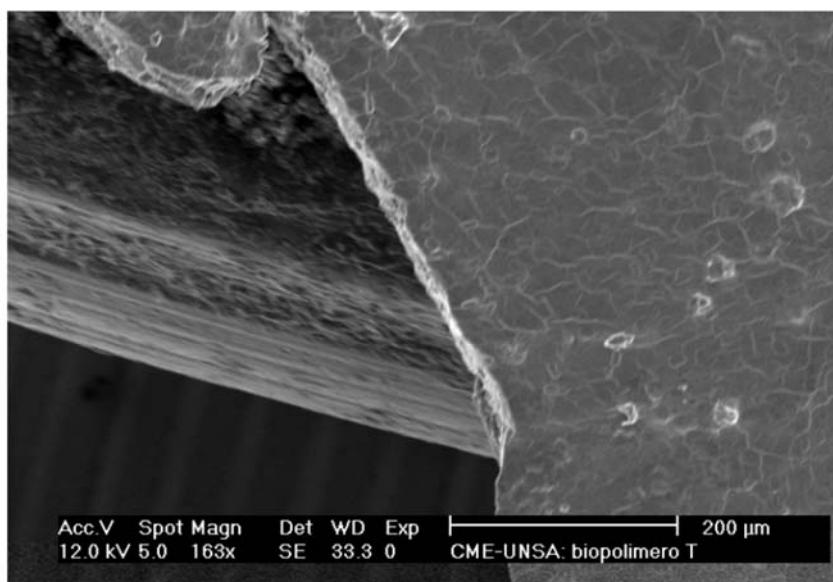
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 14

4.4 Muestra TGA



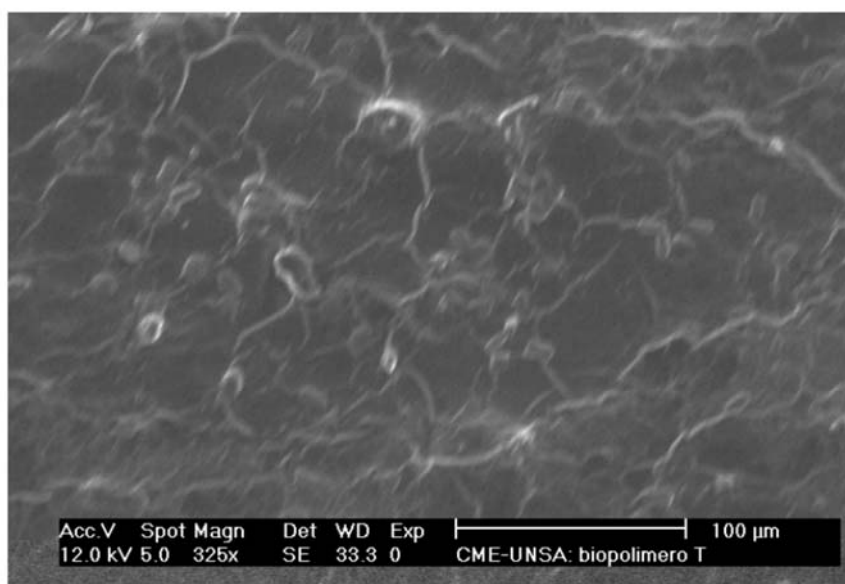
Microfotografía 15



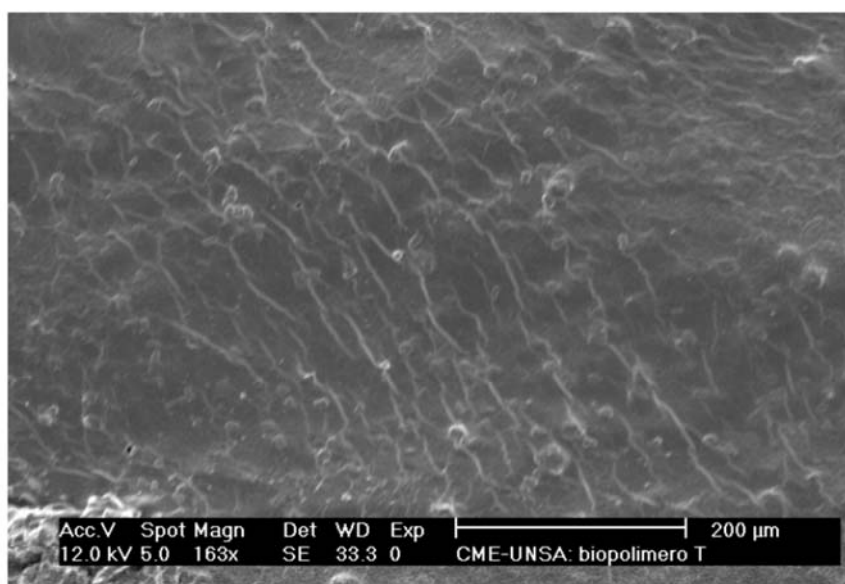


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 16



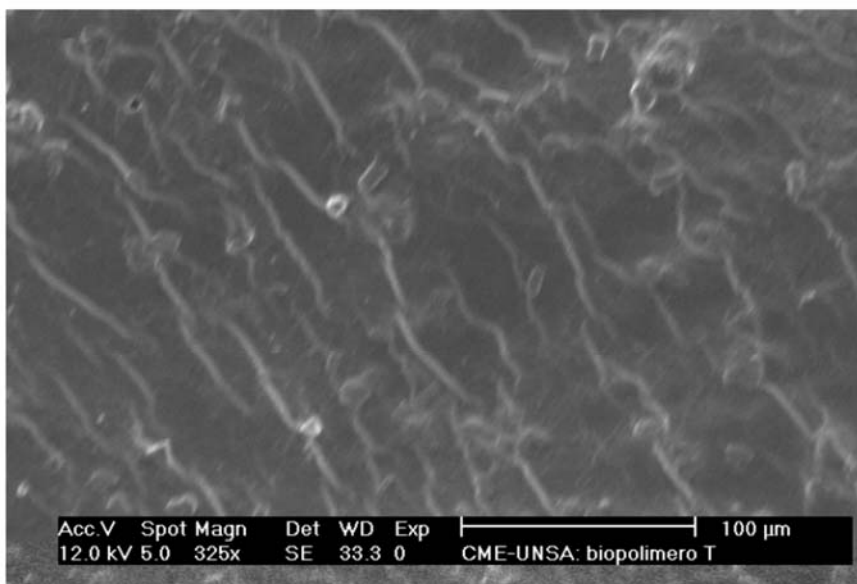
Microfotografía 17





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Microfotografía 18



Microfotografía 19



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

INFORME TÉCNICO

1. Objetivo

Realizar el estudio de caracterización con el Microscopio Electrónico de Barrido – por Energía Dispersiva de Rayos X, para identificar el espesor (grosor) de la película de biopolímero, así como también la caracterización morfológica superficial de la 01 muestra.

2. Método de Trabajo

Para el estudio por microscopía electrónica se utilizó el microscopio electrónico de barrido Philips SEM XL 20 y el Metalizador de Muestras Denton Vacuum Desk II.

3. Resumen

La 01 muestra de biopolímero denominada biopolímero de sábila fue analizada con el software Image Tool for Windows v3.00 de análisis de imagen para determinar el espesor promedio, siendo el resultado según la tabla 1; donde el espesor promedio de la muestra es:

MUESTRA	ESPESOR PROMEDIO
Biopolímero Sábila	29.71 micrones

Tabla 1. Espesor Promedio del Biopolímero.

La caracterización morfológica del biopolímero de sábila se describe a continuación:

1. Muestra Sábila: muestra superficie irregular rugosa con algunos nódulos de forma semi redonda y alargadas.



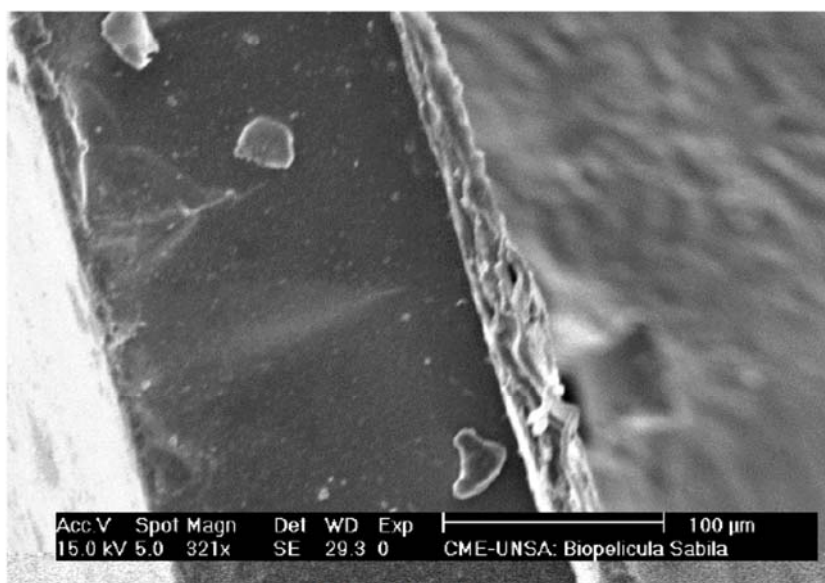
Ing. Edwin J. Urdy Uurday



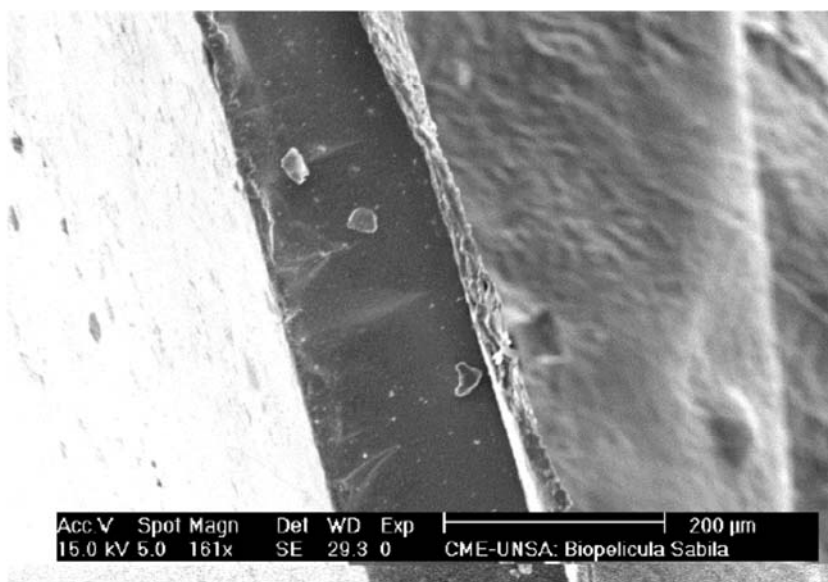
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

4. Análisis de Muestras

4.1. Muestra Sábila



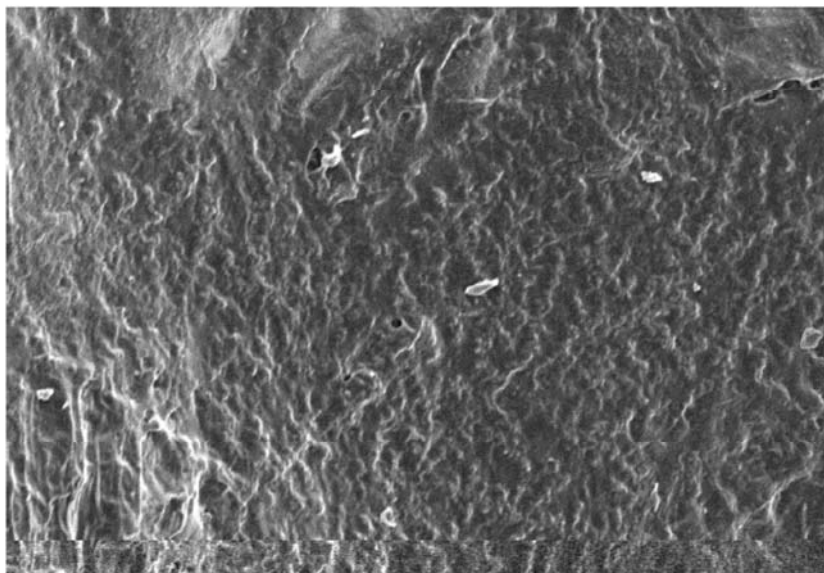
Microfotografía 1



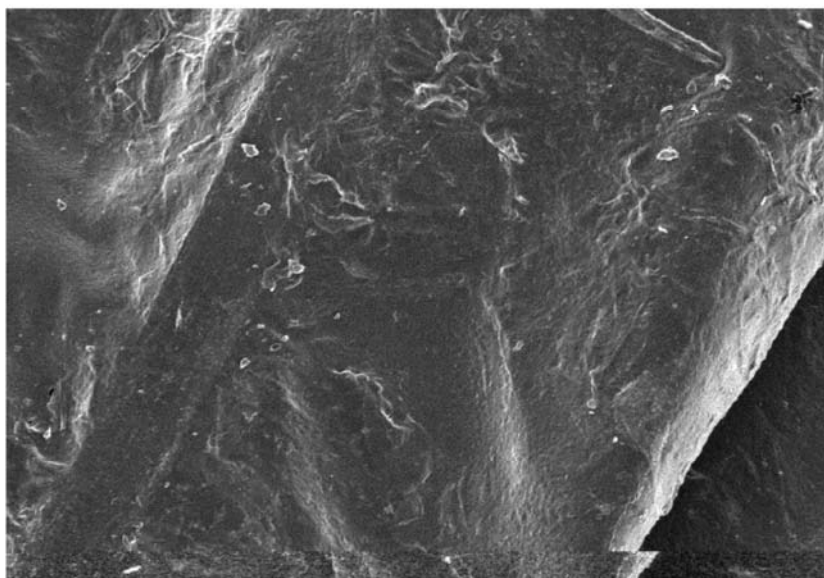
Microfotografía 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



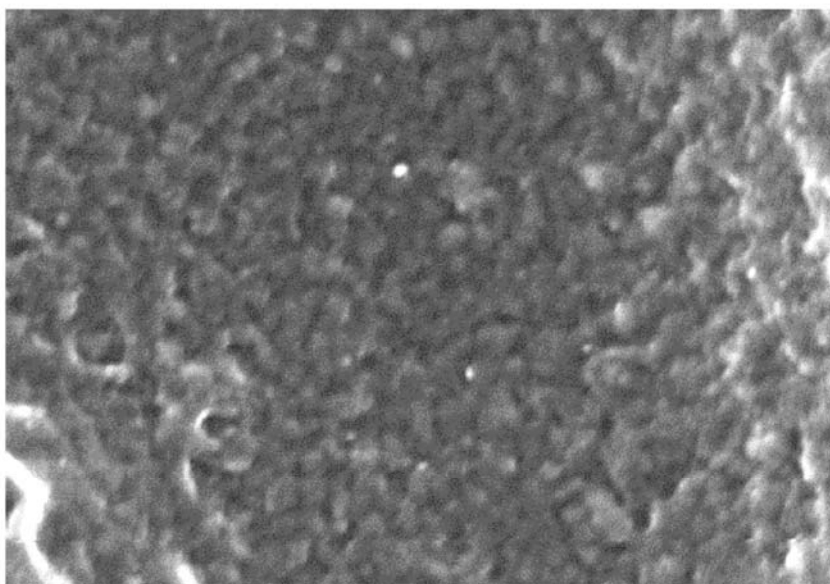
Microfotografía 3



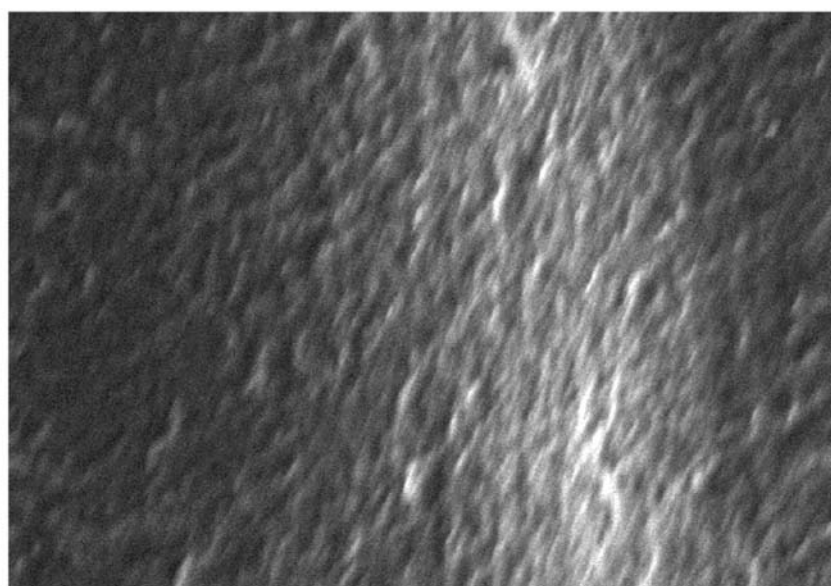
Microfotografía 4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



Microfotografía 5



Microfotografía 6

ANEXO 6 – DATOS OBTENIDOS DE PRUEBAS FISICOQUIMICAS Y DE ANALISIS DE CALIDAD.

A continuación presentamos todos los datos recopilados en tablas y las gráficas descriptivas de las mediciones efectuadas en las diferentes pruebas aplicadas a los biopolímeros.

TABLA A.1. Medición de fuerza de elongación (N) en los biopolímeros.

Medición	T (N)	TG 0.5 (N)	TG 0.75 (N)	TG 1.0 (N)	TAO 0.5 (N)	TAO 0.75 (N)	TAO 1.0 (N)	TAC 0.5 (N)	TAC 0.75 (N)	TAC 1.0 (N)
1	0.15	0.30	0.50	0.40	0.90	0.50	0.40	0.10	0.20	0.60
2	0.10	0.40	0.20	0.30	0.90	0.40	0.40	0.10	0.25	1.30
3	0.30	0.50	0.20	0.40	1.40	0.50	0.50	0.20	0.60	0.50
4	0.15	0.40	0.30	0.30	0.70	0.70	0.60	0.60	1.60	1.10
5	0.55	0.40	0.25	0.30	1.60	0.40	0.40	0.90	1.50	0.60
6	0.15	0.50	0.25	0.40	0.90	0.40	0.40	2.00	0.50	0.90
7	0.20	0.30	0.15	0.30	0.50	0.70	0.40	0.65	0.20	2.30
8	0.30	0.30	0.15	0.20	0.60	0.40	0.40	0.50	0.60	1.00
9	0.20	0.40	0.20	0.30	0.80	0.60	0.40	0.40	0.65	0.20
10	0.80	0.40	0.10	0.30	0.50	0.60	0.50	0.70	1.10	2.30
11	0.20	0.40	0.50	0.09	0.22	0.47	0.34	0.10	0.15	0.20
12	0.21	0.30	0.20	0.13	0.32	0.44	0.32	0.14	0.20	0.30
13	0.21	0.50	0.20	0.21	0.32	0.30	0.28	0.12	0.13	0.35
14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.32	0.20	0.10	0.25	0.34
15	0.21	0.20	0.12	0.22	0.32	0.48	0.28	0.12	0.22	0.31
16	0.15	0.25	0.11	0.13	0.33	0.42	0.20	0.22	0.35	0.25
17	0.11	0.20	0.14	0.21	0.36	0.35	0.38	0.10	0.15	0.37
18	0.10	0.30	0.12	0.11	0.28	0.39	0.26	0.20	0.22	0.30
19	0.10	0.30	0.21	0.22	0.27	0.41	0.25	0.15	0.18	0.20
20	0.12	0.25	0.15	0.10	0.28	0.45	0.34	0.17	0.25	0.35
MEDIA	0.23	0.34	0.21	0.24	0.59	0.46	0.36	0.38	0.47	0.69

TABLA A.2. Tasas de transferencia de vapor de agua (g/día) registradas.

MUESTRA	REPETICION 1 (g/día)	REPETICION 2 (g/día)	REPETICION 3 (g/día)	MEDIA (g/día)
Parafilm ®	1445.768	1745.484	1603.647	1598.300
Tara	1039.475	986.864	1147.900	1058.079
Sábila	-6.51E+34	-6.99E+34	-5.99E+33	-4.70E+34
Tara+A.canela	652.605	632.849	649.847	645.100
Sab.+A.canela	13400.538	13698.126	134125.857	53741.507
Tara+Glicerol	10307.408	10298.957	10421.952	10342.772
Sab.+Glicerol	30.230	29.748	25.846	28.608
Tara+A.C.+Glic	-1759.940	-1642.873	-1891.843	-1764.885
Sab.+A.C.+Glic	61.651	68.154	59.484	63.097

TABLA A.3. Permeabilidad de vapor (Kpa.m²/día) registrado.

MUESTRA	REPETICION 1 (Kpa.m ² /día)	REPETICION 2 (Kpa.m ² /día)	REPETICION 3 (Kpa.m ² /día)	MEDIA (Kpa.m ² /día)
Parafilm ®	9.424	9.659	9.954	9.679
Tara	4.074	4.058	4.065	4.065
Sábila	2.86E+32	2.45E+32	2.99E+32	2.77E+32
Tara+A.canela	-0.051	-0.061	-0.054	-0.056
Sab.+A.canela	-1900.050	-1895.001	-1909.131	-1901.394
Tara+Glicerol	386.092	385.710	390.012	387.271
Sab.+Glicerol	3.134	3.985	2.990	3.370
Tara+A.C.+Glic	-2.581	4.157	-0.015	0.520
Sab.+A.C.+Glic	11.747	22.747	12.847	15.780

TABLA A.4. Resultados obtenidos de densidad y viscosidad.

DENSIDAD (g/mL) (a 22.5°C)					
	REP. 1	REP. 2	REP. 3	REP. 4	PROMEDIO
Tara	1.031	1.023	1.024	1.036	1.028
Sábila	1.027	1.028	1.044	1.009	1.027
Tara+A.C.+Glic	1.033	1.032	1.032	1.033	1.033
Sab.+A.C.+Glic	1.024	0.978	1.006	1.002	1.002
VISCOSIDAD (cP)					
	REP. 1	REP. 2	REP. 3	PROMEDIO	CONDICIONES
Tara	2648	2701	2698	2682.333	Pin 3, 40 RPM, 22.6°C
Sábila	32	30	34	32.000	Pin 2, 40 RPM, 22.4°C

Tara+A.C.+Glic	216	176	209	200.333	Pin 2, 40 RPM, 22.2°C
Sab.+A.C.+Glic	78	59	69	68.667	Pin 2, 40 RPM, 22.3°C

TABLA A.5. Resultados de evaluación de la tasa de respiración en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

mLCO ₂ /gh	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3		
	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	45.848	-7.607	142.120	78.452	10.875	102.874	68.453	8.648	123.475
DIA 2	76.903	8.242	103.950	95.144	9.846	100.015	70.150	8.987	104.748
DIA 3	87.912	8.539	93.170	79.854	8.714	108.748	73.141	8.015	105.890

TABLA A.6. Resultados de evaluación de la pérdida de peso en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

Peso en g	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	9.234	8.974	10.606	11.326	10.672	13.478	10.104	8.024	12.008	13.267	13.000	15.620
DIA 2	9.438	9.392	11.044	10.138	9.344	13.340	8.772	6.380	11.856	12.020	11.180	15.423
DIA 3	9.032	8.742	11.018	8.960	7.886	13.130	7.666	5.396	11.698	11.093	9.950	15.270
DIA 4	8.070	7.326	10.982	7.436	6.616	12.464	6.688	4.336	11.552	10.237	8.790	15.107
DIA 5	7.298	6.598	10.960	6.596	6.008	12.376	6.394	4.110	11.492	9.497	7.890	14.963
DIA 6	6.282	5.564	10.600	5.852	5.430	12.300	6.152	3.912	11.440	8.582	7.130	14.803
DIA 7	5.212	4.601	10.398	5.023	4.982	12.240	6.012	3.720	11.402	7.667	6.370	14.643
DIA 8	4.311	3.682	10.020	4.210	4.520	12.182	5.674	3.547	11.371	6.870	5.720	14.467
DIA 9	3.480	2.791	9.689	3.385	4.121	12.110	5.324	3.390	11.310	6.123	5.200	14.283

PROMEDIOS DE PERDIDA DE PESO DE TRES TIPOS DE MUESTRAS

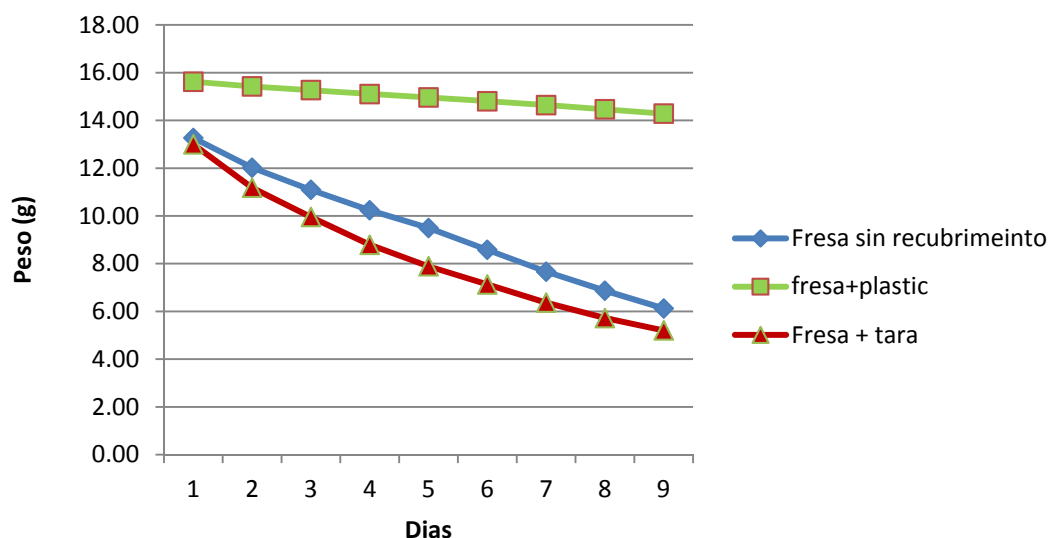


FIGURA A.2. Perfil de pérdida de peso para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.7. Variaciones diarias de la pérdida de peso en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

Peso en g	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAST T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAST T.	FRESA S	FR. + TARA	FR. + PLAST T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAST T.
Δ DIAS 1-2	-0.204	-0.418	-0.438	1.188	1.328	0.138	1.332	1.644	0.152	1.247	1.820	0.197
Δ DIAS 2-3	0.406	0.650	0.026	1.178	1.458	0.210	1.106	0.984	0.158	0.927	1.230	0.153
Δ DIAS 3- 4	0.962	1.416	0.036	1.524	1.270	0.666	0.978	1.060	0.146	0.857	1.160	0.163
Δ DIAS 4-5	0.772	0.728	0.022	0.840	0.608	0.088	0.294	0.226	0.060	0.740	0.900	0.143
Δ DIAS 5-6	1.016	1.034	0.360	0.744	0.578	0.076	0.242	0.198	0.052	0.915	0.760	0.160
Δ DIAS 6-7	1.070	0.963	0.202	0.829	0.448	0.060	0.140	0.192	0.038	0.915	0.760	0.160
Δ DIAS 7-8	0.901	0.919	0.378	0.813	0.462	0.058	0.338	0.173	0.031	0.797	0.650	0.177
Δ DIAS 8-9	0.831	0.891	0.331	0.825	0.399	0.072	0.350	0.157	0.061	0.747	0.520	0.183

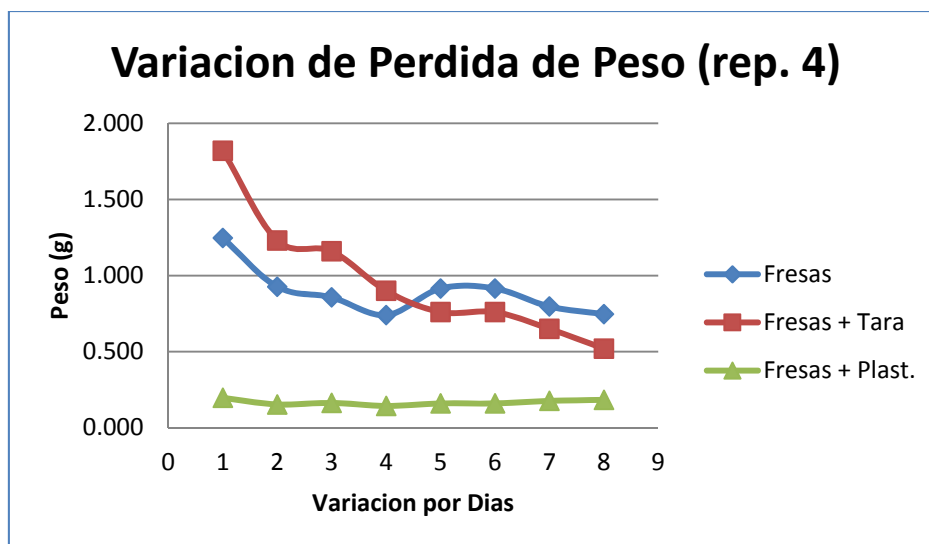


FIGURA A.3. Perfil de variación de pérdida de peso para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.8. Resultados de promedio de conteo de colonias fúngicas en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

colonias	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.	FRESAS	FR. + TARA	FR. + PLAST.
DIA 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIA 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIA 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIA 4	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00
DIA 5	2.00	0.00	2.33	2.33	0.00	3.33	1.67	0.00	5.33	3.00	0.00	2.67
DIA 6	4.00	0.00	9.67	5.67	0.33	10.67	3.33	0.00	12.33	7.67	0.00	8.67
DIA 7	9.00	1.33	15.33	12.67	1.00	19.67	9.67	0.33	21.67	12.00	0.33	14.33
DIA 8	16.33	2.67	25.67	25.33	1.33	31.33	21.33	1.33	34.67	17.67	3.67	24.67
DIA 9	34.67	3.67	68.33	40.67	3.00	76.67	36.33	2.67	80.33	37.33	3.00	63.33

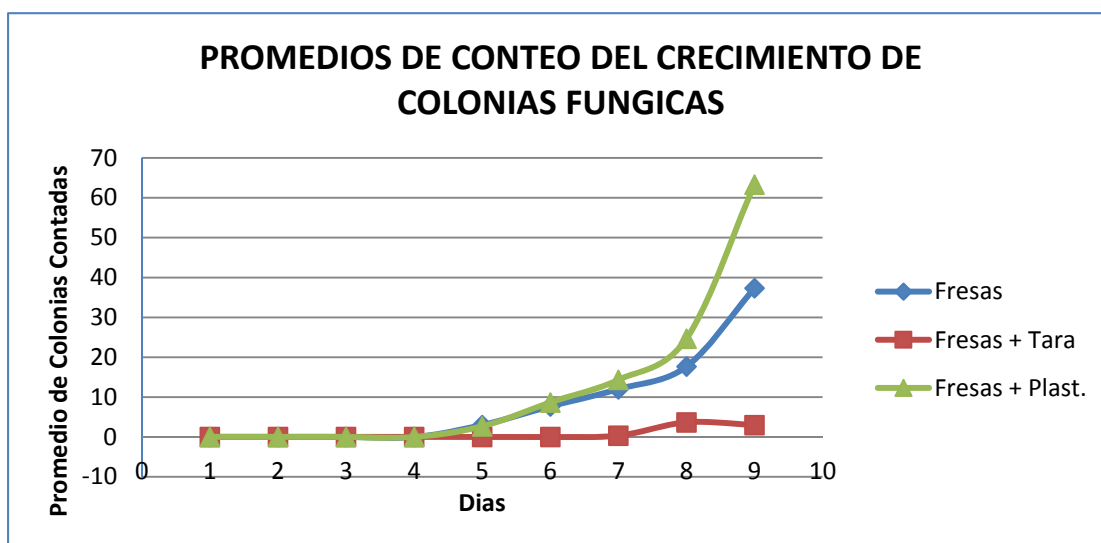


FIGURA A.4. Perfil de promedios de conteo de colonias fúngicas para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.9. Variaciones de conteo de colonias fúngicas en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

colonias	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
Δ DIAS 1-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Δ DIAS 2-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Δ DIAS 3-4	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00
Δ DIAS 4-5	2.00	0.00	2.00	2.33	0.00	3.00	1.67	0.00	4.03	3.00	0.00	2.67
Δ DIAS 5-6	2.00	0.00	7.34	3.34	0.33	7.34	1.66	0.00	7.00	4.67	0.00	6.00
Δ DIAS 6-7	5.00	1.33	5.66	7.00	0.67	9.00	6.34	0.33	9.34	4.33	0.33	5.67
Δ DIAS 7-8	7.33	1.34	10.34	12.66	0.33	11.66	11.66	1.00	13.00	5.67	3.33	10.33
Δ DIAS 8-9	18.34	1.00	42.66	15.34	1.67	45.34	15.00	1.34	45.66	19.67	-0.67	38.67

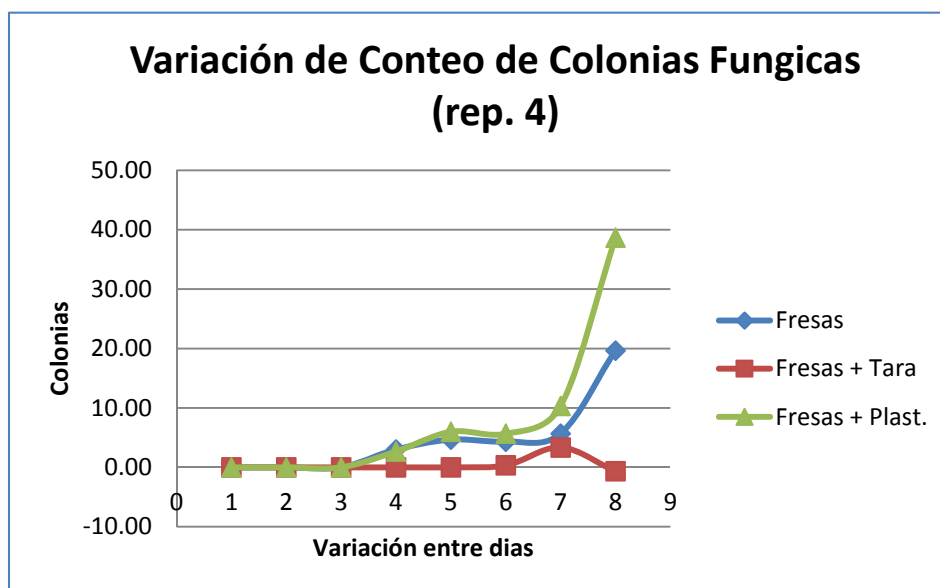


FIGURA A.5. Perfil de variación de conteo de colonias fúngicas para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.10. Resultados de evaluación de pH y °Brix en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

pH												
pH	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
DIA 1	3.390	3.400	3.310	3.750	3.630	3.560	3.570	3.577	3.493	3.567	3.650	3.600
DIA 2	3.480	3.840	3.530	3.680	3.770	3.590	3.570	3.577	3.660	3.613	3.753	3.607
DIA 3	3.560	3.710	3.600	3.560	3.730	3.680	3.540	3.727	3.640	3.550	3.810	3.667
DIA 4	4.170	4.490	4.060	3.630	3.870	3.620	3.610	3.780	3.617	3.653	3.743	3.620
DIA 5	3.200	3.200	4.090	3.600	3.720	3.620	3.260	3.723	3.383	3.670	3.840	3.573
DIA 6	3.100	3.600	4.120	3.600	3.780	3.620	3.451	3.729	3.310	3.632	3.873	3.663
DIA 7	3.260	3.880	4.440	3.660	3.700	3.650	3.560	3.400	3.340	3.593	3.907	3.753
DIA 8	3.100	3.300	4.400	3.690	3.680	3.650	3.650	3.450	3.365	3.710	3.793	3.660
DIA 9	3.010	3.150	4.720	3.670	3.620	3.700	3.780	3.410	3.980	3.620	3.843	3.777
°Brix (corregidos)												
° Brix	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS

			T.			T.			T.			T.
DIA 1	4.636	7.765	4.708	5.703	6.801	4.733	4.704	5.628	4.576	5.312	5.799	4.272
DIA 2	4.937	7.363	4.539	5.605	6.025	5.245	4.676	5.710	4.270	5.075	4.462	5.036
DIA 3	3.302	6.631	4.734	4.969	6.833	4.438	4.411	6.062	4.470	5.712	6.968	5.770
DIA 4	4.371	4.726	4.569	4.101	6.093	4.039	4.709	5.160	4.911	4.877	8.241	4.702
DIA 5	3.894	4.337	4.302	4.533	6.196	4.936	5.441	7.365	5.084	5.968	7.205	4.703
DIA 6	3.841	4.324	4.201	4.375	6.245	5.320	5.010	5.260	5.198	5.909	6.871	4.366
DIA 7	3.021	4.460	4.385	4.245	6.384	5.452	4.857	5.100	5.158	5.850	6.538	4.030
DIA 8	3.450	4.401	4.102	4.012	6.210	5.100	4.675	5.133	5.174	6.752	8.471	4.845
DIA 9	3.421	4.412	3.945	3.768	6.140	4.650	4.514	5.120	5.014	7.052	7.096	6.004

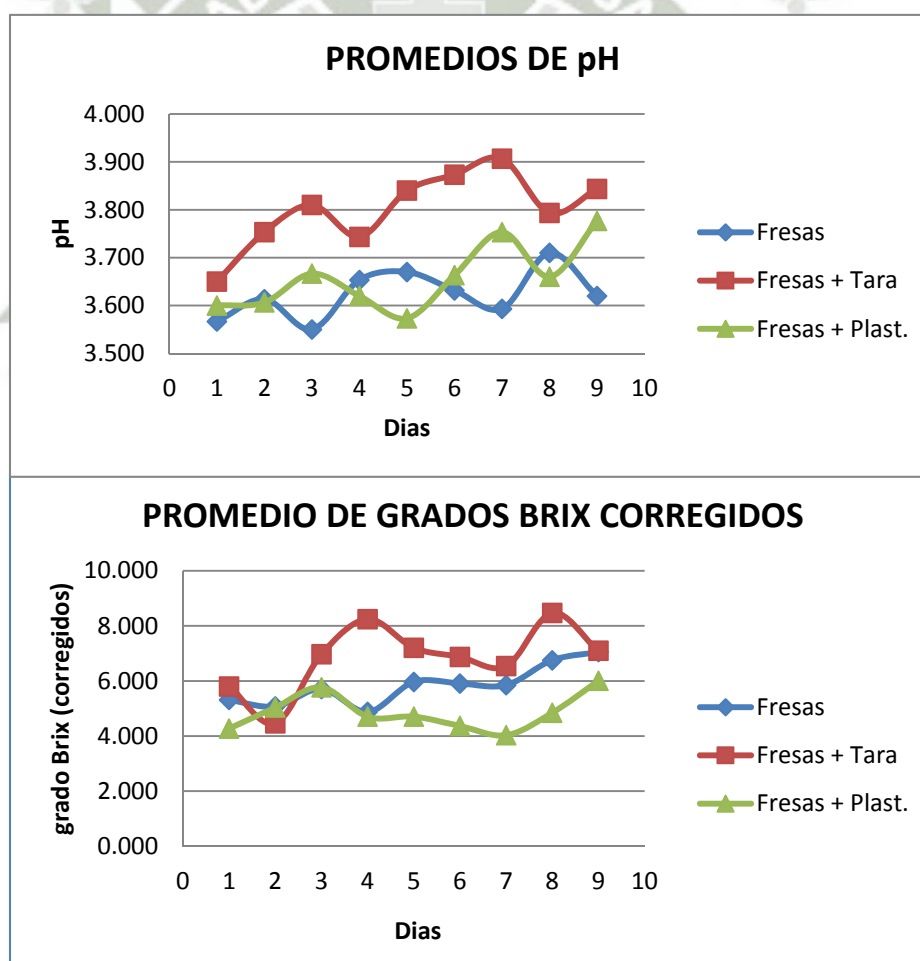


FIGURA A.6. Perfil de medición de pH y °Brix corregidos para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.11. Variaciones diarias de pH y °Brix en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

Variaciones pH												
pH	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
Δ DIAS 1-2	-0.090	-0.440	-0.220	0.070	-0.140	-0.030	0.000	0.000	-0.167	-0.046	-0.103	-0.007
Δ DIAS 2-3	-0.080	0.130	-0.070	0.120	0.040	-0.090	0.030	-0.150	0.020	0.063	-0.057	-0.060
Δ DIAS 3-4	-0.610	-0.780	-0.460	-0.070	-0.140	0.060	-0.070	-0.053	0.023	-0.103	0.067	0.047
Δ DIAS 4-5	0.970	1.290	-0.030	0.030	0.150	0.000	0.350	0.057	0.234	-0.017	-0.097	0.047
Δ DIAS 5-6	0.100	-0.400	-0.030	0.000	-0.060	0.000	-0.191	-0.006	0.073	0.038	-0.033	-0.090
Δ DIAS 6-7	-0.160	-0.280	-0.320	-0.060	0.080	-0.030	-0.109	0.329	-0.030	0.039	-0.034	-0.090
Δ DIAS 7-8	0.160	0.580	0.040	-0.030	0.020	0.000	-0.090	-0.050	-0.025	-0.117	0.114	0.093
Δ DIAS 8-9	0.090	0.150	-0.320	0.020	0.060	-0.050	-0.130	0.040	-0.615	0.090	-0.050	-0.117
Variaciones °Brix												
° Brix	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
Δ DIAS 1-2	-0.301	0.402	0.169	0.098	0.776	-0.512	0.028	-0.082	0.306	0.237	1.337	-0.764
Δ DIAS 2-3	1.635	0.732	-0.195	0.636	-0.808	0.807	0.265	-0.352	-0.200	-0.637	-2.506	-0.734
Δ DIAS 3-4	-1.069	1.905	0.165	0.868	0.740	0.399	-0.298	0.902	-0.441	0.835	-1.273	1.068
Δ DIAS 4-5	0.477	0.389	0.267	-0.432	-0.103	-0.897	-0.732	-2.205	-0.173	-1.091	1.036	-0.001
Δ DIAS 5-6	0.053	0.013	0.101	0.158	-0.049	-0.384	0.431	2.105	-0.114	0.059	0.334	0.337
Δ DIAS	0.820	-0.136	-0.184	0.130	-0.139	-0.132	0.153	0.160	0.040	0.059	0.333	0.336

6-7												
Δ DIAS 7-8	-0.429	0.059	0.283	0.233	0.174	0.352	0.182	-0.033	-0.016	-0.902	-1.933	-0.815
Δ DIAS 8-9	0.029	-0.011	0.157	0.244	0.070	0.450	0.161	0.013	0.160	-0.300	1.375	-1.159

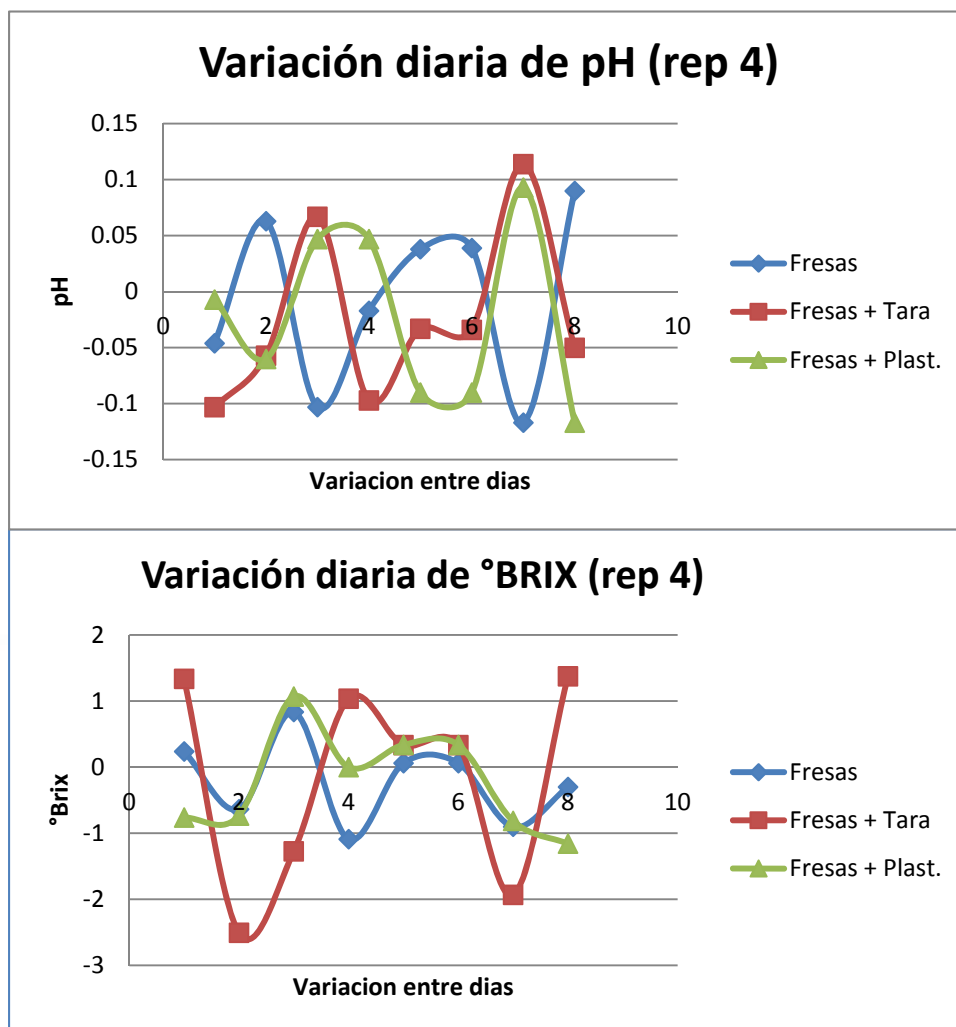


FIGURA A.7. Perfil de variación de pH y °Brix para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.12. Resultados de evaluación de porcentaje de acidez en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

% de ácido cítrico	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
DIA 1	0.188	0.162	0.213	0.188	0.179	0.205	0.195	0.145	0.222	0.235	0.166	0.201
DIA 2	0.192	0.154	0.201	0.196	0.128	0.230	0.222	0.222	0.188	0.213	0.147	0.188
DIA 3	0.183	0.162	0.177	0.183	0.172	0.194	0.226	0.145	0.190	0.235	0.177	0.188
DIA 4	0.194	0.132	0.183	0.178	0.138	0.203	0.218	0.137	0.226	0.224	0.213	0.183
DIA 5	0.141	0.190	0.183	0.168	0.151	0.188	0.209	0.164	0.431	0.177	0.196	0.188
DIA 6	0.181	0.203	0.180	0.156	0.151	0.201	0.201	0.189	0.234	0.219	0.195	0.171
DIA 7	0.201	0.208	0.176	0.151	0.168	0.210	0.192	0.178	0.224	0.260	0.194	0.154
DIA 8	0.214	0.215	0.185	0.143	0.175	0.198	0.186	0.176	0.215	0.269	0.192	0.230
DIA 9	0.209	0.218	0.178	0.135	0.170	0.185	0.177	0.171	0.201	0.269	0.198	0.192

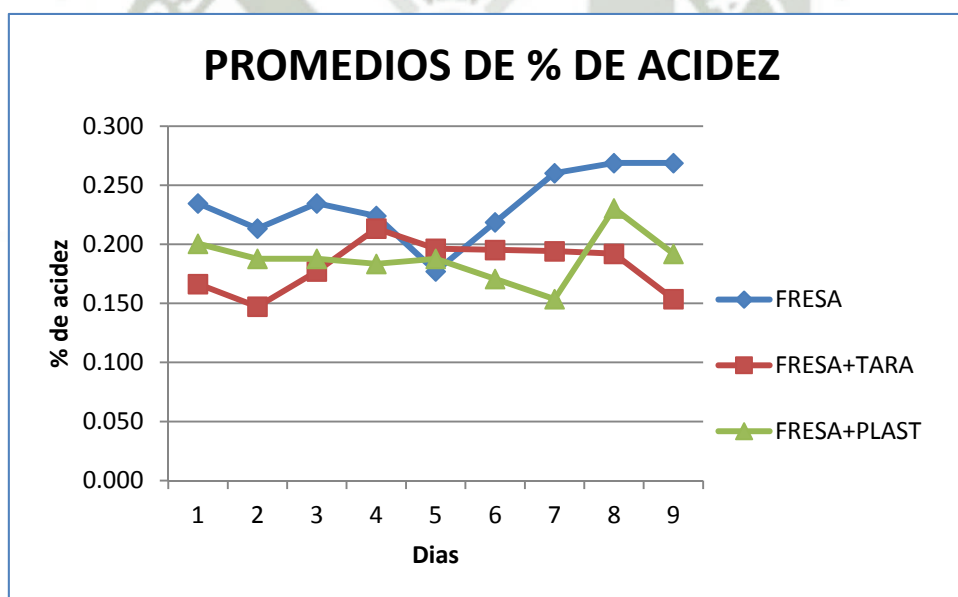


FIGURA A.8. Perfil de medición del porcentaje de acidez para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.13. Variaciones diarias de porcentaje de acidez en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

% de ácido cítrico	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
Δ DIAS 1-2	0.004	-0.008	-0.012	0.008	-0.051	0.025	0.027	0.077	-0.034	-0.022	-0.019	-0.013
Δ DIAS 2-3	-0.009	0.008	-0.024	-0.013	0.044	-0.036	0.004	-0.077	0.002	0.022	0.030	0.000
Δ DIAS 3-4	0.011	-0.030	0.006	-0.005	-0.034	0.009	-0.008	-0.008	0.036	-0.011	0.036	-0.005
Δ DIAS 4-5	-0.053	0.058	0.000	-0.010	0.013	-0.015	-0.009	0.027	0.205	-0.047	-0.017	0.005
Δ DIAS 5-6	0.040	0.013	-0.003	-0.012	0.000	0.013	-0.008	0.025	-0.197	0.042	-0.001	-0.017
Δ DIAS 6-7	0.020	0.005	-0.004	-0.005	0.017	0.009	-0.009	-0.011	-0.010	0.041	-0.001	-0.017
Δ DIAS 7-8	0.013	0.007	0.009	-0.008	0.007	-0.012	-0.006	-0.002	-0.009	0.009	-0.002	0.076
Δ DIAS 8-9	-0.005	0.003	-0.007	-0.008	-0.005	-0.013	-0.009	-0.005	-0.014	0.000	0.006	-0.038

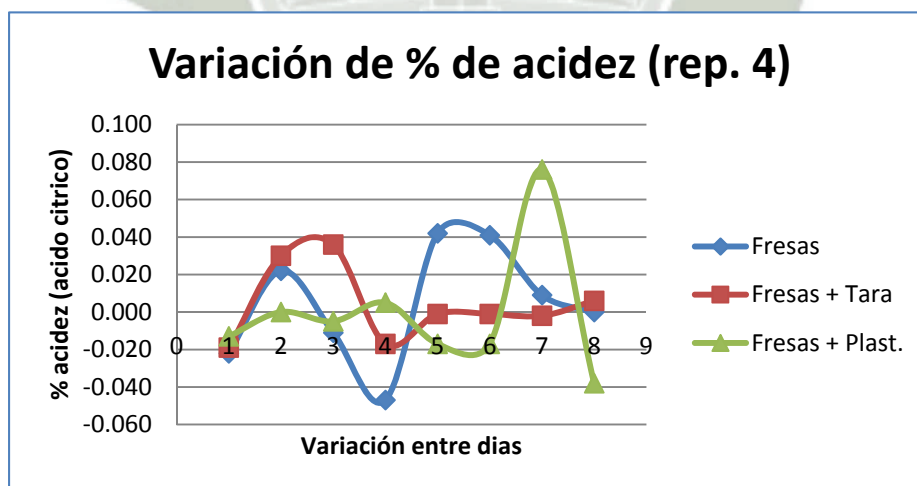


FIGURA A.9. Perfil de variación del porcentaje de acidez para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.14. Resultados de cálculo de índice de madurez en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

I.d.M.	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
DIA 1	24.735	48.123	22.090	30.390	38.171	23.212	24.217	39.126	21.023	22.657	35.002	21.385
DIA 2	25.768	48.917	22.773	28.728	47.337	22.810	21.169	25.920	23.035	23.813	30.402	27.321
DIA 3	18.026	41.086	27.058	27.116	39.680	22.956	19.522	41.731	23.583	24.375	39.498	30.790
DIA 4	22.714	35.800	25.034	22.996	44.080	19.896	21.690	38.402	21.837	21.848	38.872	25.755
DIA 5	27.806	22.963	23.470	27.026	41.041	26.325	26.113	46.216	11.797	33.932	37.360	25.070
DIA 6	21.221	21.300	23.339	28.045	41.358	26.468	24.925	27.831	22.214	27.070	35.301	25.590
DIA 7	15.030	21.442	24.915	28.113	38.000	25.962	25.297	28.652	23.027	22.517	34.036	26.236
DIA 8	16.121	20.470	22.173	28.056	35.486	25.758	25.134	29.165	24.065	25.120	44.237	21.150
DIA 9	16.368	20.239	22.163	27.911	36.118	25.135	25.503	29.942	24.945	26.498	47.495	31.270

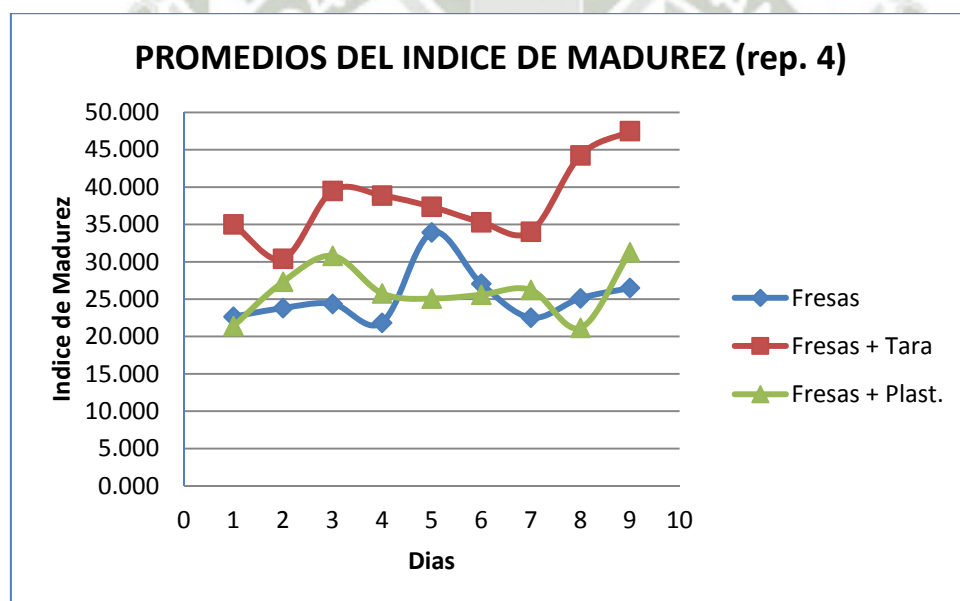


FIGURA A.10. Perfil de medición del índice de madurez para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

TABLA A.15. Perfil de variación de índice de madurez en fresas, fresas con biopolímero de tara y fresas con Plastic Wrap.

I.d.M.	REPET. 1			REPET. 2			REPET. 3			REPET. 4		
	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.	FRES AS	FR. + TARA	FR. + PLAS T.
Δ DIAS 1-2	1.033	0.794	0.683	-1.662	9.166	-0.402	-3.048	- 13.206	2.012	1.156	-4.600	5.936
Δ DIAS 2-3	-7.742	-7.831	4.285	-1.612	-7.657	0.146	-1.647	15.811	0.548	0.562	9.096	3.469
Δ DIAS 3-4	4.688	-5.286	-2.024	-4.120	4.400	-3.060	2.168	-3.329	-1.746	-2.527	-0.626	-5.035
Δ DIAS 4-5	5.092	- 12.837	-1.564	4.030	-3.039	6.429	4.423	7.814	- 10.040	12.084	-1.512	-0.685
Δ DIAS 5-6	-6.585	-1.663	-0.131	1.019	0.317	0.143	-1.188	- 18.385	10.417	-6.862	-2.059	0.520
Δ DIAS 6-7	-6.191	0.142	1.576	0.068	-3.358	-0.506	0.372	0.821	0.813	-4.553	-1.265	0.646
Δ DIAS 7-8	1.092	-0.973	-2.742	-0.057	-2.514	-0.204	-0.162	0.513	1.038	2.603	10.201	-5.086
Δ DIAS 8-9	0.247	-0.231	-0.010	-0.145	0.632	-0.622	0.368	0.777	0.880	1.378	3.258	10.120

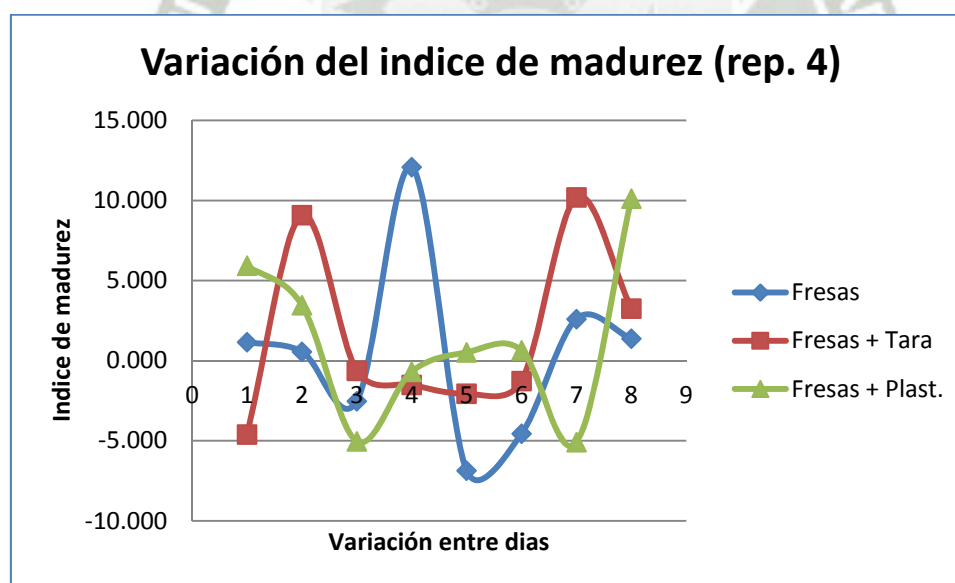


FIGURA A.11. Perfil de variación del índice de madurez para las tres muestras, ejemplo de la cuarta repetición.

ANEXO 7 – ENCUESTA DE DATOS PARA PRUEBA ORGANOLEPTICA

TESIS: RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE TARA EN FRESAS

PANEL ANONIMO DE PRUEBA ORGANOLEPTICA

Edad: _____ Sexo (M o F): _____

1. Frente a usted se hallan dos fresas, una fresa común y corriente, y otra fresa con recubrimiento de tara, por favor pruebe la fresa común primero
2. Anote sus percepciones de la fresa (incluya color, textura, sabor, acidez y algún otro detalle que considere pertinente)

-
3. Espere 1 minuto, disuelva el sabor anterior de la fresa (hágase un enjuague bucal si es necesario), y proceda a probar la fresa con recubrimiento de tara.

4. Haga sus anotaciones en cuanto a su color externo y ponga una ponderación (*REFERENCIA PONDERACION de 1 a 5, siendo 1: No Transparente, hasta 5: transparente*)

PONDERACIÓN: _____

5. Haga sus anotaciones en cuanto a su sabor y ponga una ponderación (*REFERENCIA PONDERACION de 1 a 5, siendo 1: Desagradable, hasta 5: Agradable*)

PONDERACIÓN: _____

6. Haga sus anotaciones en cuanto a su olor y ponga una ponderación (*REFERENCIA PONDERACION de 1 a 5, siendo 1: Muy Suave, hasta 5: Muy Fuerte*)

PONDERACIÓN: _____

7. Haga sus anotaciones en cuanto a su aroma y ponga una ponderación (*REFERENCIA PONDERACION de 1 a 5, siendo 1: Desagradable, hasta 5: Agradable*)

PONDERACIÓN: _____

8. Haga sus anotaciones en cuanto a su textura y ponga una ponderación
(REFERENCIA PONDERACION de 1 a 5, siendo 1: Rugosa, hasta 5: Lisa)

PONDERACIÓN: _____

9. Haga sus anotaciones en cuanto a su aspecto externo y ponga una ponderación
(REFERENCIA PONDERACION de 1 a 5, siendo 1: Mal aspecto o desagradable a la vista, hasta 5: Buen aspecto o agradable a la vista)

PONDERACIÓN: _____

10. Sume sus ponderaciones de la fresa la cual le toco:

11. Haga algunas anotaciones adicionales a la fresa con recubrimiento con tara la cual usted probó:

¡MUCHAS GRACIAS!

