

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO BIODEGRADABLE A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE SUERO SOBRE LA VIDA ÚTIL DE LA CHIRIMOYA (*Annona cherimola*), FRESA (*Fragaria vesca*) y PERA (*Pyrus communis*)”

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach: RAUL MACCAPA POCCO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO
BIODEGRADABLE A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE SUERO
SOBRE LA VIDA ÚTIL DE LA CHIRIMOYA (*Annona cherimola*),
FRESA (*Fragaria vesca*) y PERA (*Pyrus communis*)”

TESIS PRESENTADA POR

Bach: RAUL MACCAPA POCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	----- Ing. M.Sc. Luis Alberto Jiménez Monroy
PRIMER MIEMBRO	:	----- Ing. M.Sc. Genny Isabel Luna Mercado
SEGUNDO MIEMBRO	:	----- Ing. Sajre Roenfi Guerra Lima
DIRECTOR DE TESIS	:	----- Ing. M.Sc. Lizandro Gilberto Fernández Castro
ASESOR DE TESIS	:	----- Ing. M.Sc. Martín Choque Yucra

PUNO - PERÚ
2015

ÁREA: Ingeniería y tecnología

TEMA: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

Con especial cariño y gratitud, a mi madre María que con su cariño y comprensión, me apoyó durante toda mi vida,

A mis hermanos Victor, Eulogio, Enrique, Norca y Vilma, por su constante apoyo moral y espiritual. Sin su ayuda y comprensión no lo hubiera logrado.



AGRADECIMIENTO

Mi primer agradecimiento es para Dios; por ayudarme en los momentos más difíciles y frustrantes, por darme ese ánimo que tanto necesitaba para seguir adelante y nunca rendirme.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por todas las enseñanzas y conocimientos que me brindaron durante los años de mi formación profesional.

Al Ing. M.Sc. Lizandro G. Fernandez Castro, por su colaboración en la dirección, ejecución y culminación del presente trabajo de Investigación.

Al Ing. M.Sc. Martin Choque Yucra, por su aporte y su asesoramiento en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Victor F. Choquehuanca Cáceres, por su incondicional apoyo y orientación, por las facilidades prestadas en el uso del laboratorio, por su predisposición permanente en aconsejarme y aclarar mis dudas durante la ejecución del presente trabajo. Su apoyo fue muy importante para poder lograrlo.

Por supuesto, mi más sincero agradecimiento a toda mi familia, a quienes amo y agradezco infinitamente la comprensión y el apoyo invaluable que me han brindado en cada uno de mis logros en la vida. Muchas gracias de todo corazón a mi madre por su incansable fortaleza para iluminar mi vida y mi andar, a mis hermanos Norca, Vilma y Enrique por haberme soportado y motivado cuando más los necesitaba. A mis sobrinos Flor, Angie y Rafael para que en un futuro lleguen a conseguir un mejor porvenir. Gracias a toda mi familia por el amor y la confianza que siempre me han brindado. Los amo mucho.

A todos mis amigos que me apoyaron durante el transcurso de esta investigación, sin ellos esta experiencia no hubiera sido la misma. Una persona que merece mención especial es Maryluz J. Calsin Pineda, personas como ella son difíciles de encontrar, en mi corazón estará su huella por siempre. Sé que Dios te dará muchas bendiciones.

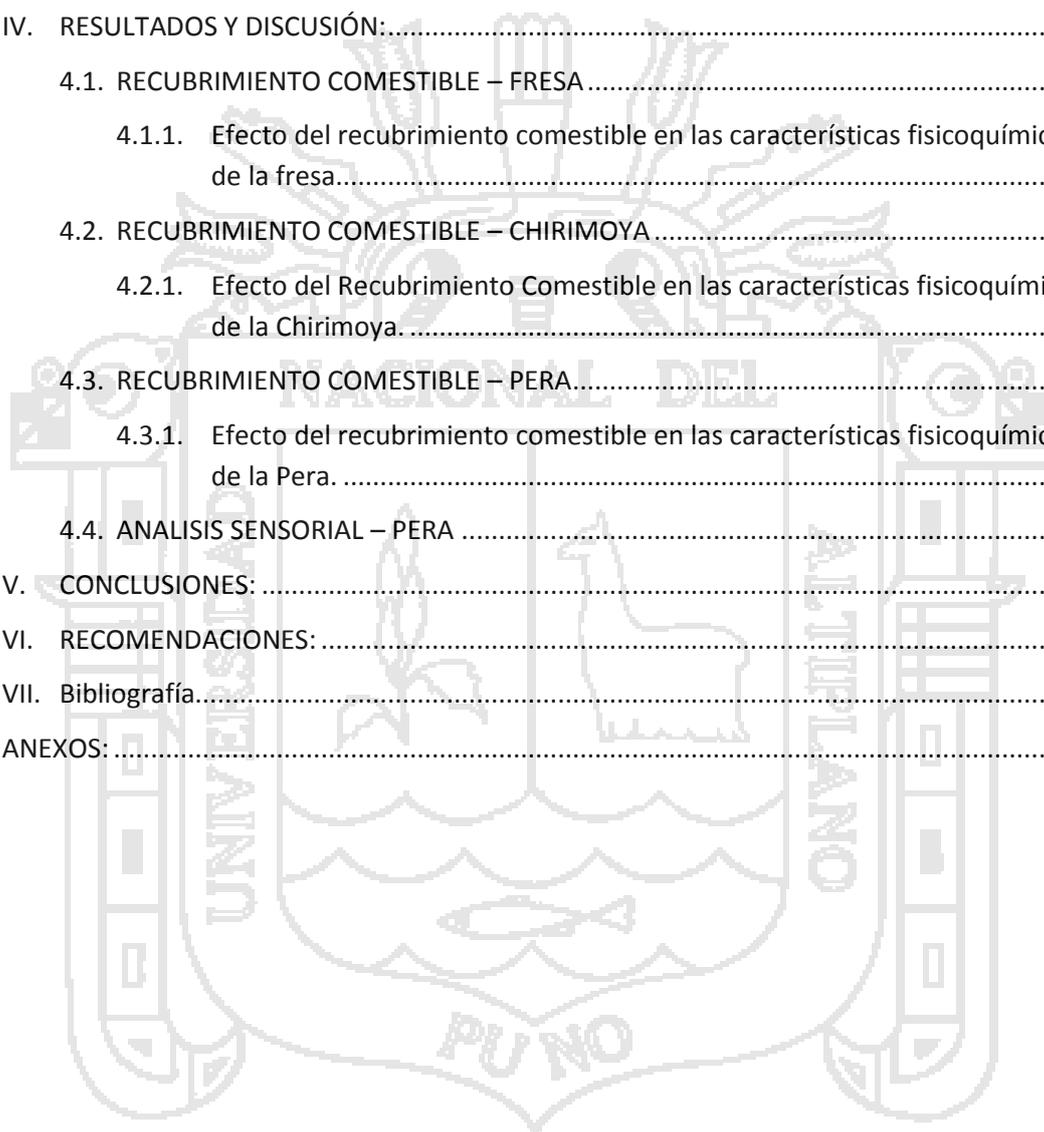
A todos ellos, y a muchas otras personas que de alguna manera colaboraron conmigo para alcanzar esta meta, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:.....	1
2.1. FISIOLÓGÍA POST COSECHA:.....	1
2.1.1. Manejo post cosecha:.....	1
2.1.2. Índice de madurez:	1
2.1.3. Factores que afectan la maduración:	2
2.1.4. Parámetros de madurez y calidad.	4
2.1.5. Respiración:	10
2.1.6. El climaterio	14
2.2. EMPLEO DE PELICULAS COMESTIBLES Y RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES EN LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS FRESCOS:	16
2.3. CHIRIMOYA (<i>Annona cherimola</i>):	17
2.3.1. Taxonomía y morfología:	17
2.3.2. Origen:	17
2.3.3. Botánica:	17
2.3.4. Descripción:	17
2.3.5. Composición Nutricional:.....	17
2.3.6. Post cosecha:	18
2.3.7. Calidad de la chirimoya (<i>Annona Cherimola</i>)	19
2.4. FRESA (<i>Fragaria vesca</i>):	20
2.4.1. Taxonomía y morfología:	20
2.4.2. Origen:	20
2.4.3. Botánica:	20
2.4.4. Descripción:	21
2.4.5. Composición nutricional	21
2.4.6. Post cosecha:	21
2.4.7. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA FRESA:.....	22
2.5. PERA (<i>Pyrus communis</i>):.....	25
2.5.1. Taxonomía y morfología:	25
2.5.2. Origen:	25
2.5.3. Botánica:	25
2.5.4. Descripción:	25
2.5.5. Composición Nutricional.....	26
2.5.6. Manejo post cosecha:.....	26

2.6. COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA:.....	27
2.7. RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES:	27
2.7.1. Aspectos generales de las recubrimientos biodegradables:	27
2.7.2. Propiedades de los recubrimientos biodegradables:	28
2.7.3. Ventajas de los recubrimientos biodegradables:	28
2.7.4. Componentes de las Películas:	29
2.7.5. Formación de las Películas:.....	31
2.7.6. Aditivos:	31
2.8. LECHE:.....	35
2.8.1. Definición:.....	35
2.8.2. Componentes de la leche:	35
2.9. SUERO DE LECHE:.....	39
2.9.1. Proteínas de Suero.....	40
2.10.EVALUACIÓN SENSORIAL:	42
2.10.1. Apariencia: Color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.	43
2.10.2. Olor: Los miles de compuestos volátiles que constituyen el aroma.	43
2.10.3. Gusto: Dulce, amargo, salado y ácido (posiblemente también metálico, astringente y otros).....	43
2.10.4. Textura: Las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosidad entre otros (González et al., 2005).	43
2.11.EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL:.....	43
III. MATERIALES Y MÉTODOS:.....	44
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN:	44
3.2. MATERIALES:.....	44
3.2.1. Materia Prima:	44
3.2.2. Insumos:.....	44
3.2.3. Equipos:	44
3.2.4. Materiales de Laboratorio.	45
3.2.5. Ácidos y Reactivos.....	45
3.3. METODOLOGÍA:	46
3.3.1. Descripción del Proceso de Obtención del Recubrimiento Biodegradable Comestible:	46
3.3.2. Aplicación de Recubrimiento Comestible:.....	47
3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	49
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:.....	51

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	51
3.6. MODELO ESTADÍSTICO:	51
3.6.1. Evaluación del tipo de tratamiento mediante las propiedades físicoquímicas de las frutas.....	51
3.7. VARIABLES EN ESTUDIO:.....	52
3.7.1. Relación Porcentual en Aislado de Proteína de Suero: Glicerol.	52
3.8. VARIABLES DE RESPUESTA:.....	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:.....	54
4.1. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE – FRESA.....	54
4.1.1. Efecto del recubrimiento comestible en las características físicoquímicas de la fresa.....	54
4.2. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE – CHIRIMOYA.....	64
4.2.1. Efecto del Recubrimiento Comestible en las características físicoquímicas de la Chirimoya.....	64
4.3. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE – PERA.....	75
4.3.1. Efecto del recubrimiento comestible en las características físicoquímicas de la Pera.	75
4.4. ANALISIS SENSORIAL – PERA	88
V. CONCLUSIONES:.....	92
VI. RECOMENDACIONES:.....	93
VII. Bibliografía.....	94
ANEXOS:.....	98



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ácidos predominantes en algunas frutas	7
Tabla 2.	Principales Ácidos orgánicos con sus respectivos miliequivalentes	8
Tabla 3.	pH Aproximado de algunos alimentos	10
Tabla 4.	Composición Nutricional de la Chirimoya	18
Tabla 5.	Tasa de Respiración de la Chirimoya	19
Tabla 6.	Composición Nutricional de la Fresa	21
Tabla 7.	Tasa de Respiración de la Fresa	22
Tabla 8.	Cantidad de azúcares (°Brix), pH y acidez titulable	24
Tabla 9.	Composición Nutricional de la Pera	26
Tabla 10.	Tasa de Respiración de la Pera	26
Tabla 11.	Características fisicoquímicas promedio en diferentes frutas.	27
Tabla 12.	Características del ácido oleico	32
Tabla 13.	Composición de la Cera de Candelilla	33
Tabla 14.	Composición de la Cera de Abeja	34
Tabla 15.	Propiedades de algunas Ceras	34
Tabla 16.	Ventajas y Desventajas del uso de ceras en las frutas	34
Tabla 17.	Composición proteica de la leche de vaca	35
Tabla 18.	Composición porcentual de la fracción lipóide	38
Tabla 19.	Composición del suero de queserías	41
Tabla 20.	Composición de la leche entera y del suero	41
Tabla 21.	Efecto funcional de las proteínas séricas	42
Tabla 22.	Clasificación de pruebas sensoriales	43
Tabla 23.	Distribución de tratamientos	52
Tabla 24.	Análisis de Varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la fresa	54
Tabla 25.	Prueba de comparación múltiple de Duncan para la pérdida de peso según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	54
Tabla 26.	Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza de la fresa	56
Tabla 27.	Análisis de Varianza (ANVA) para la acidez de la fresa	57
Tabla 28.	Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la fresa	59
Tabla 29.	Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la Fresa	60
Tabla 30.	Prueba de comparación múltiple Duncan para los sólidos solubles según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	60
Tabla 31.	Análisis de Varianza (ANVA) para el índice de respiración de la Fresa	61

Tabla 32.	Análisis de Varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la chirimoya	64
Tabla 33.	Prueba de comparación múltiple Duncan para la pérdida de peso según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	64
Tabla 34.	Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza de la chirimoya	66
Tabla 35.	Análisis de Varianza (ANVA) para la acidez de la chirimoya	67
Tabla 36.	Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la chirimoya	68
Tabla 37.	Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la chirimoya	69
Tabla 38.	Análisis de Varianza (ANVA) para el índice de respiración de la chirimoya	71
Tabla 39.	Prueba de comparación múltiple Duncan para el índice de respiración según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	71
Tabla 40.	Análisis de Varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la pera	75
Tabla 41.	Prueba de comparación múltiple Duncan para la pérdida de peso según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	75
Tabla 42.	Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza de la pera	77
Tabla 43.	Prueba de comparación múltiple Duncan para la firmeza según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	77
Tabla 44.	Análisis de Varianza (ANVA) para la acidez de la pera	79
Tabla 45.	Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la pera	80
Tabla 46.	Prueba de comparación múltiple Duncan para el pH según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	81
Tabla 47.	Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la pera	82
Tabla 48.	Prueba de comparación múltiple Duncan para los sólidos solubles según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	82
Tabla 49.	Análisis de Varianza (ANVA) para el índice de respiración de la pera	84
Tabla 50.	Prueba de comparación múltiple Duncan para el índice de respiración según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol	85
Tabla 51.	Distribución de Puntajes para el Análisis Sensorial	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Características de un Recubrimiento	27
Figura 02	Componente de las Películas	29
Figura 03	Diagrama de Flujo para el proceso de obtención del recubrimiento biodegradable	47
Figura 04	Diagrama de Flujo para el proceso de aplicación del recubrimiento biodegradable	48
Figura 05	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la pérdida de Peso de la fresa en relación al tiempo	55
Figura 06	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la firmeza de la fresa en relación al tiempo	56
Figura 07	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la acidez de la fresa en relación al tiempo	58
Figura 08	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el pH de la fresa en relación al tiempo	59
Figura 09	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para los sólidos solubles de la fresa en relación al tiempo	61
Figura 10	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el índice de respiración de la fresa en relación al tiempo	62
Figura 11	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la pérdida de peso de la chirimoya en relación al tiempo	65
Figura 12	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la firmeza de la chirimoya en relación al tiempo	66
Figura 13	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la acidez de la chirimoya en relación al tiempo	67
Figura 14	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el pH de la chirimoya en relación al tiempo	69
Figura 15	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para los sólidos solubles de la chirimoya en relación al tiempo	70
Figura 16	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el índice de respiración de la chirimoya en relación al tiempo	72
Figura 17	Comparación de los tratamientos T5 "Testigo" con (T1, T2 y T3) a los 5 días de almacenamiento	73
Figura 18	Chirimoya de los tratamientos T1, T2 y T3. A los 5 días de almacenamiento con superficie quemada	74
Figura 19	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para pérdida de peso de la pera en relación al tiempo	76

Figura 20	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la firmeza de la pera en relación al tiempo	78
Figura 21	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la acidez de la pera en relación al tiempo	80
Figura 22	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el pH de la pera en relación al tiempo	82
Figura 23	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para los sólidos solubles de la pera relación al tiempo	84
Figura 24	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el índice de respiración de la pera en relación al tiempo	86
Figura 25	Comparación de los tratamientos T5 “Testigo” con el tratamiento T1 a los 17 días de almacenamiento	87
Figura 26	Pera de los tratamientos T5 “Testigo” y T1. A los 17 días de almacenamiento	87
Figura 27	Evaluación del Atributo Olor para la Pera	89
Figura 28	Evaluación del Atributo Sabor para la Pera	89
Figura 29	Evaluación del Atributo Textura para la Pera	90
Figura 30	Evaluación del Atributo del Color para la Pera	91
Figura 31	Evaluación del Atributo de Apariencia General para la Pera	91



RESUMEN

El presente trabajo de Investigación se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano, en la Facultad de Ciencias Agrarias en los laboratorios de Post Cosecha y Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de un recubrimiento biodegradable a base de aislado de proteína de suero de queso sobre la vida útil de la chirimoya (*Annona cherimola*), fresa (*Fragaria vesca*) y pera (*Pyrus communis*) para luego realizar un análisis sensorial del mejor tratamiento comparado con el tratamiento Testigo.

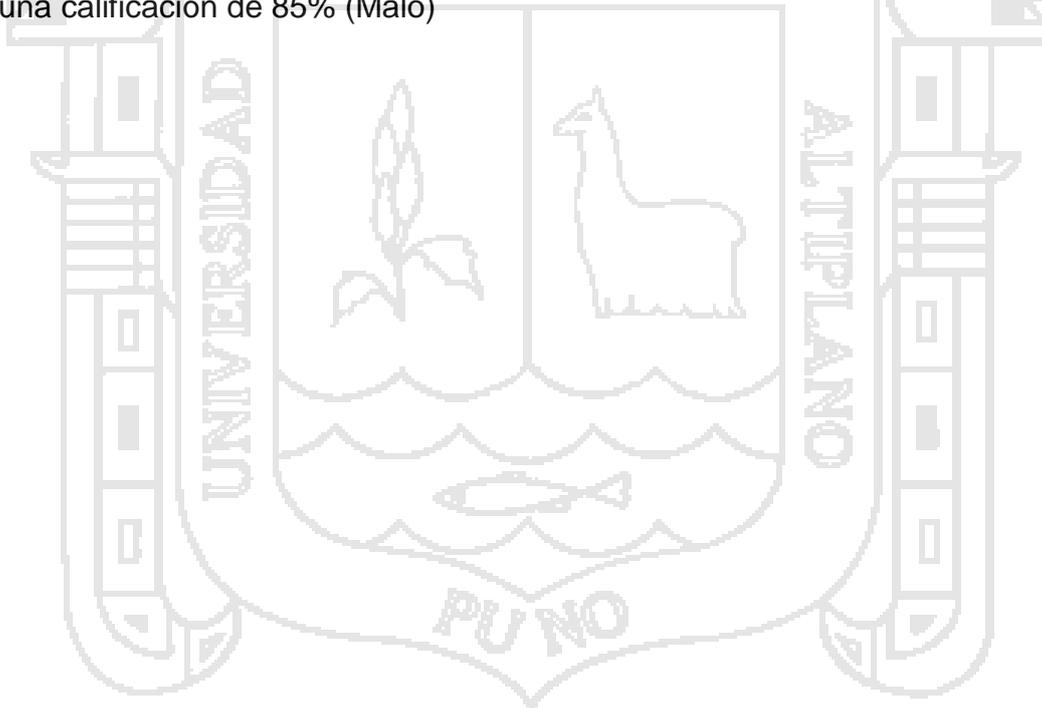
Se trabajó con Chirimoya, fresa y pera procedentes de Moquegua, Arequipa y Lima respectivamente. Los frutos fueron seleccionados por tamaño, forma y color uniforme. Los frutos se lavaron, desinfectaron y se les aplicó un recubrimiento comestible a base de aislado de proteína de suero, glicerol y cera de abeja. Se evaluaron diferentes concentraciones de Aislado de Proteína de Suero de queso (10, y 8%), Concentración de Glicerol (6 y 4 %) y 1% de Cera de Abeja, las cuales fueron diluidas en 100ml de agua destilada obteniéndose chirimoyas, fresas y peras conservadas a temperatura ambiente.

Se determinó que en la Fresa y Chirimoya la aplicación del recubrimiento Comestible no fueron optimas en ninguna de sus formulaciones, las frutas con y sin recubrimientos mostraron similares cambios en los parámetros fisicoquímicos: pH, acidez y solidos solubles. Sin embargo es posible obtener un recubrimiento adecuado, siempre y cuando se modifique las formulaciones estudiadas.

Asimismo se determinó que en la pera la aplicación de aislado de proteína de suero – Glicerol – Cera de Abeja (10:6:1%) como recubrimiento permitió el desarrollo de un efectivo método de conservación que prolongó la vida útil de la Pera en fresco hasta 35 días; para las peras sin recubrimiento solo duraron 17 días. Se determinó que el recubrimiento comestible no afectó a los parámetros fisicoquímicos. Las peras con recubrimiento presentaron un índice de respiración de 17.8 mg CO₂/Kg/hr, para las peras sin recubrimiento fue de 45.9 mg

CO₂/Kg/hr, debido a la presencia de pardeamiento enzimático y pérdida de calidad a partir del día 17 de almacenamiento. Se obtuvo también una menor pérdida de peso (4.4%), pérdida de firmeza (6.5%) con respecto a la peras sin recubrimiento con pérdida de peso de (20.4%) y pérdida de firmeza (72.5%) respectivamente alargando notablemente la vida útil de la pera hasta en 106%.

Así mismo el análisis sensorial para la pera fue efectuado por un panel de 20 jueces no entrenados mediante una prueba afectiva, en la que se evaluaron parámetros como olor, color, sabor, textura y la aceptación general del producto. No hubo cambios o alteraciones en las propiedades organolépticas de los frutos recubiertos, es decir, presencia de olores y sabores desagradables producto de la respiración anaerobia. Las peras con recubrimiento (T1) obtuvieron una mejor aceptación por los panelistas con una calificación aprobatoria de 90% (excelente) mientras que las peras sin recubrimiento (T5 - Testigo) obtuvieron una calificación de 85% (Malo)



I. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el corto tiempo de vida útil que se presentan en la frutas, en especial la chirimoya, fresa y pera de agua; y obedeciendo a la necesidad de su conservación en fresco, se planteó el desarrollo y la aplicación de un recubrimiento comestible a base de Aislado de Proteína de Suero de queso, buscando reducir las pérdidas de calidad que se producen durante el almacenamiento y la comercialización, sin afectar los atributos físicos y sensoriales para aumentar su vida anaquel.

El uso de películas o recubrimientos comestibles es de gran importancia y de gran interés ya que estas mejoran la apariencia y su conservación, lo protegen frente a la acción microbiana, son una barrera a la migración de oxígeno o humedad del medio que lo rodea, limitan la pérdida de nutrientes aromas, humedad, mantienen la integridad estructural del alimento durante su comercialización, además de reducir el uso de materiales de embalaje descartables y no degradables (Escobar et al., 2009).

El suero de leche es una significativa fuente de proteínas funcionales β -Lactoglobulina (β -Lg) y α -Lactoalbúmina (α -La) principalmente; obtenido como subproducto de la industria del queso y la caseína (Marcelo & Rizvi, 2008). Este suero tiene altas posibilidades de ser reutilizado como una materia prima para otros procesos, uno de ellos es la elaboración de películas comestibles con la finalidad de prolongar la vida en anaquel de los productos frescos, lo que conllevaría a un mayor aprovechamiento de los alimentos (Carrillo, 2005). Las películas en base a suero de leche plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O_2 , CO_2 y C_2H_4 (Famá, 2006), Galiotta et al., 2004), aunque por ser altamente hidrofílicos, no son buenas barreras al vapor; sin embargo es posible agregar algún tipo de cera para la hidrofobicidad (Galiotta et al., 2004) El uso de este tipo de películas, hace a este tipo de coberturas ideales para el estudio postcosecha de frutas y hortalizas, principalmente en aquellos frutos altamente perecederos (Galiotta et al., 2004).

Por lo tanto el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de la aplicación de un Recubrimiento Biodegradable a base de Aislado de Proteína de Suero de queso sobre la calidad y vida útil de la Chirimoya (*Annona cherimola*), Fresa (*Fragaria vesca*) y Pera (*Pyrus communis*).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. FISIOLOGÍA POST COSECHA

2.1.1. Manejo post cosecha

Los frutos y las verduras, en general, productos hortofrutícolas son cosechados cuando alcanzan el estado de desarrollo apropiado para el mercado y el consumidor final. La recolección genera estrés o lo que es lo mismo una tensión en el producto, que desencadena incrementos en la respiración, maduración acelerada y muerte del producto de manera rápida (Calabrese, 2003).

La tecnología de post cosecha es aplicada para disminuir el incremento en el metabolismo de los productos cosechados. Para ello se emplean diferentes tratamientos que incluyen preferiblemente el uso de baja temperatura, atmosferas modificadas, **ceras y películas comestibles** entre otras que contribuyen a hacer lentos los cambios asociados con la senescencia del producto hortícola (Kitinoja, 2005).

2.1.2. Índice de madurez

El índice de madurez para un producto vegetal implica una medida o medidas que pueden emplearse para identificar un estado de desarrollo en particular. Estos índices son muy importantes para la comercialización en fresco de los productos vegetales por razones del cumplimiento de normas o estándares establecidos y eficacia en el empleo de recursos para la labor de la cosecha. Existen dos tipos de madurez (Arias, 2005).

2.1.2.1. Madurez Fisiológica

Es aquel estado de desarrollo del fruto en el que una vez desprendido del árbol, puede evolucionar a madurez de consumo.

El grado de madurez de la fruta al momento de la cosecha es un factor de primera importancia puesto que de él depende la aceptación del producto por el consumidor, como también su máxima duración en el almacenaje (Arias, 2005)

2.1.2.2. Madurez de Consumo

Aquel estado de desarrollo de los frutos en que se presentan en su máxima expresión las condiciones organolépticas y de atraktividad en la fruta (Arias, 2005).

2.1.3. Factores que afectan la maduración

Entre los factores que afectan la maduración tenemos.

2.1.3.1. Etileno

El etileno es una sustancia gaseosa que se produce normalmente por el metabolismo de las plantas como un regulador de crecimiento y desarrollo (Pedraza, 2006).

El gas etileno, (considerado actualmente como una hormona de la maduración) que es producido por la fruta en cantidades muy pequeñas, Es una hormona implicada en los procesos fisiológicos de las plantas y frutos, así tenemos por ejemplo: Maduración, procesos de estrés y muchas otras funciones como: Abscisión de hojas, frutos, pétalos de flores, caída de hojas, germinación de los bulbos de patata, germinación de semillas, formación de flores en algunas especies (Pedraza, 2006).

En la mayor parte de la fruta la producción de etileno ocurre rápidamente a temperatura ambiente.

La aplicación externa de etileno a la fruta cosechada induce a una maduración antes de lo normal; al contrario, manteniendo condiciones que reduzcan la posibilidad de producir etileno retrasa la madurez y por consecuencia el deterioro de la fruta (Pedraza, 2006).

- **Implicancia del Etileno en los recubrimientos:** La implicancia que tienen ahora estos recubrimientos es la de minimizar en gran medida las tasas de respiración de diferentes frutos, aminorando así la producción de etileno, así como también reduciendo los niveles de oxígeno en el entorno. Tal es el potencial que tiene esta tecnología que promoviendo otro tipo de tecnologías post cosecha también pero con atmósferas controladas permitirán un control adecuado de esta hormona (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

Con esta tecnología de los recubrimientos, se podría reducir los grandes problemas de maduración rápida que tienen algunos frutos como es el caso del higo o de la fresa, y que aparte estén en una atmósfera controlada que permita que se maximice su vida útil, permitiendo así el retraso considerable de la producción de etileno (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

2.1.3.2. Temperatura

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

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

2.1.3.3. Humedad relativa

Frutas y verduras sufren una variedad de crecimientos en la superficie, como levaduras y mohos, así como bacterias, y por lo tanto son susceptibles a la descomposición durante el almacenamiento en condiciones de Humedad Relativa bajas. Además, esta práctica puede causar ciertos atributos indeseables en la firmeza y la textura por la pérdida del climaterio, por lo que es necesario recurrir a combinación de parámetros sin bajar los valores de Humedad Relativa (Belitz & Grosch, 2004).

Aparte de provocar defectos cosméticos en la superficie de muchos alimentos, la presencia de agua interviene de manera fundamental en el desarrollo de los microorganismos, como se verá más adelante. La cantidad más pequeña de condensación superficial es suficiente para permitir la proliferación de bacterias o el desarrollo de mohos. De ahí la necesidad de controlar las atmósferas de almacenamiento (Belitz & Grosch, 2004).

2.1.3.4. Luz

La luz es responsable de la destrucción de algunas vitaminas, particularmente la riboflavina, la vitamina A y la vitamina C. Además puede deteriorar los colores de muchos alimentos (Belitz & Grosch, 2004).

2.1.3.5. Aire y oxígeno

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

El oxígeno interviene además en las actividades metabólicas de las células vegetales y animales, entre las cuales las más importantes son la respiración, la

biosíntesis del etileno (en el caso de los vegetales) y los procesos de oxidación (Belitz & Grosch, 2004).

2.1.4. Parámetros de madurez y calidad

Los componentes de calidad de un fruto como la presentación visual, firmeza de la pulpa, contenido de azúcares, acidez, pH, índice de respiración y aromas van evolucionando durante el proceso de maduración para llegar al óptimo (Pedraza, 2006).

2.1.4.1. Color

El color es el cambio más obvio que se presenta en muchos frutos y es, a menudo, el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si un fruto está maduro o no.

Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos, son producto, principalmente, de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas. (Hideki, 2007).

Los principales agentes responsables de la degradación de la clorofila son los cambios en el pH, oxidaciones y la actividad de las clorofilasas (Hideki, 2007)

Los recubrimientos comestibles en frutos pueden crear una atmósfera modificada entre la película y la superficie de los mismos (Marzo, 2010).

Kitinoja (2005), afirma que la pérdida de la clorofila y la biosíntesis de carotenoides y antocianinas pueden ser retrasadas en frutos y vegetales mantenidos en atmósferas modificadas y/o controladas.

Velasquez (2006), reportaron menores cambios de color para frutos de aguacate almacenados en atmósferas controladas, en relación con aquellos bajo condiciones normales.

En otros productos frescos como la fresa, tomate, coliflor y champiñones, también se han observado beneficios, debido a los recubrimientos, en cuanto a la conservación del color (Marzo, 2010).

2.1.4.2. Pérdida de peso

La mayoría de los frutos y vegetales frescos están constituidos principalmente por agua. Por ende, la pérdida de peso en esos productos, es consecuencia directa de

la disminución en el contenido de humedad que se acompaña por otros cambios como pérdida de firmeza (Hideki, 2007).

El mecanismo principal de pérdida de humedad, en frutas frescas y vegetales, es la difusión del vapor de agua. Lo anterior debido a un gradiente de presión entre el interior y el exterior del fruto (Hideki, 2007)).

Los recubrimientos comestibles sobre la superficie de los frutos actúan como barreras a la difusión del vapor de agua, lo que se traduce en menores tasas de pérdida de humedad. El espesor de la barrera y la permeabilidad a la humedad son factores importantes desde el punto de vista de la velocidad de transferencia de masa (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

Como ya se ha mencionado, la naturaleza hidrofóbica de los compuestos lipídicos puede ser aprovechada para reducir o mejorar las propiedades de barrera a la humedad de ciertos materiales. En este sentido, hay reportes de la utilización de estos compuestos como componentes adicionales en las formulaciones de películas y recubrimientos alimentarios (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

2.1.4.3. Firmeza

Es la resistencia que opone la fruta a la penetración de un émbolo de diámetro y longitud dados. Este índice mide el ablandamiento que experimenta la fruta durante la maduración (García & Vicente, 2008).

La pérdida de la firmeza durante la maduración es uno de los principales factores que determinan la calidad y vida postcosecha de muchos frutos (García et al., 1998a). Previo a la maduración, los frutos tienen una estructura celular rígida, ordenada y bien definida, mientras que paredes celulares blandas y difusas caracterizan los tejidos vegetales de los frutos maduros (García & Vicente, 2008).

El ablandamiento de los frutos es atribuido a la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente pectinas, debido a la acción de enzimas específicas tales como la pectinesterasa y la poligalacturonasa (García & Vicente, 2008).

Se ha observado que ambientes con concentraciones bajas en O₂ y altas en CO₂ reducen la actividad enzimática causante de la degradación de las paredes celulares, permitiendo así, la retención de la firmeza de frutas y vegetales durante su vida postcosecha (Yaman & Bayoindirli, 2002).

La disminución en el contenido de humedad puede ser una de las principales causas de deterioro, ya que ésta no solo resulta en pérdidas cuantitativas directas (pérdidas de peso), sino que también causa pérdidas en la apariencia (debido al marchitamiento y deshidratación), textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de consistencia y jugosidad) y valor nutricional (Marzo, 2010).

Los recubrimientos comestibles pueden resultar muy favorables ya que actúan como una barrera a la transferencia del agua, retardando la deshidratación y, prolongando por lo tanto, la firmeza de los frutos recubiertos (Yaman & Bayoindirli, 2002).

2.1.4.4. Sólidos solubles

Los sólidos solubles aumentan en forma gradual durante la maduración de la fruta debidos fundamentalmente a la acumulación de azúcares. Las frutas y hortalizas contienen otros sólidos solubles diferentes de la sacarosa, esto es, otros tipos de azúcares y también ácidos orgánicos, por lo que es más frecuente determinar el contenido total de éstos en porcentaje. La concentración de sacarosas se expresa en grados Brix. A una temperatura de 20°C, el grado Brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa contenido en una solución acuosa. Si a 20°C una solución tiene 60° Brix, esto significa que la solución tiene 60% de sacarosa (Garcia & Vicente, 2008).

Los Grados Brix representan el % de sacarosa determinado en el jugo del fruto. Se mide utilizando un brixómetro o un refractómetro para grados Brix, las lecturas registradas están dadas a la temperatura indicada por estos instrumentos (Belitz & Grosch, 2004).

Frecuentemente se consideran a los °Brix como equivalentes de los SST porque el mayor contenido de sólidos solubles en el jugo de las frutas son azúcares, sin embargo es más preciso realizar las correcciones pertinentes a las lecturas registradas con los brixómetros para obtener datos reales en términos de SST (Belitz & Grosch, 2004).

También deben hacerse correcciones por la temperatura a la cual se realice la determinación (Belitz & Grosch, 2004).

2.1.4.5. 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. (Garcia & Vicente, 2008).

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, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba; en la práctica se toma como punto final pH = 8.5 usando fenolftaleína como indicador. Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos libres y sólo una parte del ácido fosfórico y fenoles están involucrados en el resultado final (Belitz & Grosch, 2004).

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, entre los existente, por ejemplo, en la leche como ácido láctico, en las manzanas como ácido málico, en las uvas como ácido tartárico, etc. (Belitz & Grosch, 2004).

Relación SST/Acidez: Desde el punto de vista práctico, los azúcares y la acidez son componentes muy prácticos en postcosecha y la relación que guardan constituye un índice, incluso legal, del estado de madurez para la cosecha de cítricos y uvas (Illescas, 2008).

Tabla 01: Ácidos predominantes en algunas frutas

FRUTA	ÁCIDO	FRUTA	ÁCIDO
Albaricoque	Málico	Pera	Cítrico
Chirimoya	Málico	Mango	Málico
Cereza	Málico	Manzana	Málico
Ciruela	Málico	Membrillo	Málico
Durazno	Málico	Naranja	Cítrico
Frambuesa	Cítrico	Pera	Cítrico
Fresa	Cítrico	Piña	Cítrico
Guayaba	Málico	Uva	Tartárico
Higo	Tartárico	Zarzamora	Cítrico

Fuente: (Illescas, 2008)

CALCULOS

Para el cálculo de la acidez titulable se aplica la siguiente formula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{V \times N \times meq \times 100}{M}$$

Donde:

- V** = Volumen del álcali gastado en la titulación de una alícuota.
N = Normalidad del álcali, generalmente 0.1
meq = Valor del miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez.

M = Gramos o mililitros de muestra contenida en la alícuota.

Tabla 02: Principales Ácidos orgánicos con sus respectivos miliequivalentes

ÁCIDO	PESO MOLECULAR	ÁCIDO	PESO MOLECULAR
Acético	60	$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	0.060
Benzoico	122	$\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_2$	0.122
Barbitúrico	128	$\text{HC}_4\text{H}_3\text{O}_3\text{N}_2$	0.128
Butírico	88	$\text{HC}_4\text{H}_7\text{O}_2$	0.088
Cítrico	192	$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	0.064
Fórmico	46	HCHO_2	0.046
Fumárico	116	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4$	0.058
Láctico	90	$\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_3$	0.090
Málico	134	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5$	0.067
Malónico	104	$\text{H}_4\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_4$	0.052
Oxálico	90	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0.045
Propiónico	14	$\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_2$	0.074
Tartárico	150	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	0.075

Fuente: (Illescas, 2008)

Factores que afectan la determinación de Acidez

- a. **Presencia de compuestos oscuros.-** Cuando se hace la titulación visual, la presencia de compuestos oscuros dificulta apreciar el cambio de color a Rosado, que es el punto que alcanza el equilibrio o cuando todo el ácido ha sido neutralizado por el álcali, se recomienda en estos casos diluir la muestra hasta obtener un color menos oscuro o decolorar con carbón activado al 1%. Si es muy difícil aclarar la muestra, es mejor determinar potencio-métricamente (Madrid & Pantastico, 2008).
- b. **Reacciones de oscurecimiento enzimático.-** Muchas veces cuando se está preparando la muestra, esta toma un color rosado, como en el caso de la papa fresca, por ejemplo, hasta llegar al color oscuro, dependiendo de la rapidez con que se lleva a cabo la reacción enzimática o el tiempo que se demora en preparar la muestra y tenerla lista para la titulación. Esto como en el caso anterior, hace difícil apreciar el punto exacto de viraje. Para evitar estos inconvenientes se recomienda tratar la muestra lo más pronto posible con bisulfito, a fin de evitar el pardeamiento enzimático (Madrid & Pantastico, 2008).
- c. **Presencia de anhídrido carbónico.-** la presencia de este compuesto puede alterar los resultados de la titulación. El anhídrido carbónico puede ser titulado por el álcali, produciéndose carbonato de sodio, de esta manera el gasto no sería debido solamente a la presencia de ácidos obteniéndose resultados errados, para evitar esto se recomienda trabajar con agua destilada libre de CO_2 , para lo cual se hierve y se deja enfriar, tapando el frasco que lo contiene

a fin de evitar la incorporación de CO_2 del medio ambiente, la titulación también debe hacerse lo más pronto posible (Madrid & Pantastico, 2008).

- d. Presencia de grasa.-** Cuando la muestra a analizar es rica en grasa, esta dificulta la extracción de los ácidos, por lo que se recomienda hacer la extracción con etanol de 90° , neutralizando con soda N/20 (Madrid & Pantastico, 2008).
- e. Pureza de álcali.-** Si la solución alcalina que se utiliza no corresponde a la normalidad esperada, se obtendrá resultados erróneos, por lo que se recomienda revisar un ácido de normalidad conocida, de esta manera se obtiene la normalidad exacta de álcali y se podrá hacer las correcciones pertinentes (Madrid & Pantastico, 2008).

2.1.4.6. pH

El pH mide la acidez real, distinta de la acidez valorable, es decir, la cantidad de hidrogeniones activos (H^+) presentes, a diferencia de la acidez valorable que mide la cantidad de hidrogeno sustituable en la neutralización, o sea los ácidos presentes sin considerar la fuerza de estos para liberar los iones (H^+) (Belitz & Grosch, 2004).

Numéricamente el pH se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración de iones hidrógeno (Belitz & Grosch, 2004).

$$pH = -\log[H^+] = \log 1/[H^+]$$

Las soluciones ácidas o básicas pueden distinguirse sobre la base de su pH.

pH < 7 solución ácida

pH > 7 solución básica

pH = 7 solución neutra

Importancia del pH

El conocimiento del valor del pH tiene importancia por varias razones entre otras:

- El tipo de tratamiento térmico a aplicar, pasteurización o esterilización, está en función al pH.
- Durante el procesamiento de algunos alimentos es necesario ajustar el pH a fin de lograr los objetivos deseados de calidad, así como de dar las condiciones necesarias para el normal desarrollo de procesos fermentativos.
- La rapidez con la cual el envase metálico se corroe está influida por el pH.
- Muchos productos se estabilizan mediante el ajuste de pH.

- Se puede detectar fraude o adulteraciones en la medida en que los alimentos en su estado natural tienen un pH determinado.

Los frutos ácidos pueden ser envasados al vacío con seguridad o envasados en recubrimientos comestibles de baja permeabilidad, herméticamente cerrados, de modo que se puedan formar las condiciones anaerobias generadas de forma pasiva. Aunque en atmósferas con bajos contenidos de O₂ pueden tener lugar indeseables reacciones de fermentación (Madrid & Pantastico, 2008).

Factores que afectan la medida del pH

Los siguientes factores, entre otros pueden dar una medida errónea del pH.

- La temperatura.-** El valor del pH es fuertemente dependiente de la temperatura; en frío resulta muy alto y en caliente muy pequeño, por lo que al aumentar la desviación de la temperatura ambiente, aumenta la inexactitud de la medida cuando no se hace el ajuste respectivo.
- Contenido de alcohol.-** EL contenido de alcohol supone una reducción de la acidez de la disolución. Consecuentemente, cuando en el caso de vinos se hace una desalcoholización, el pH disminuye después de ésta. A mayor alcohol, menor acidez (pH sube), a menor alcohol, mayor acidez (pH baja) (Madrid & Pantastico, 2008).

Tabla 03: pH Aproximado de algunos alimentos

ÁCIDO	PESO MOLECULAR	ÁCIDO	PESO MOLECULAR
Zanahoria	5.2 – 6.0	Fresas	3.0 – 3.5
Patatas	5.4 – 6.2	Manzanas	2.9 – 3.3
Cebollas	5.3 – 5.8	Naranjas	3.6 – 4.3
Tomates	4.2 – 4.9	Peras	4.0 – 5.5
Guisantes	5.6 – 6.5	Judías verdes	4.9 – 5.5
Pimientos	4.7 – 5.2	Champiñones	6.0 – 6.5
Chirimoya	4.2 – 5.5	Melocotón	3.4 – 4.5
Piña	3.2 – 4.0	Uvas	3.4 – 4.5
Espinacas	5.1 – 5.8	Limonas	2.2 – 2.4

Fuente: (Illescas, 2008)

2.1.5. Respiración

Las plantas verdes en crecimiento utilizan la energía de la luz solar que reciben sus hojas para fabricar azúcares combinando el dióxido de carbono del aire con el agua absorbida del suelo a través de las raíces. Ese proceso se conoce con el nombre

de fotosíntesis. La planta almacena esos azúcares sin elaborarlos o combina las unidades de azúcar en largas cadenas para formar almidón (Mazorra, 2009).

Los azúcares y almidones, llamados hidratos de carbono, se almacenan en diversas partes de la planta, a la que proporcionan posteriormente la energía que necesita para seguir desarrollándose y reproducirse. Las raíces y tubérculos almacenan las féculas durante el periodo de inactividad para poder aportar, al término de éste, la energía necesaria para la reanudación del crecimiento. En ambos casos la energía para el crecimiento se libera a través del proceso de respiración, que tiene lugar en todas las plantas antes y después de la cosecha (Mazorra, 2009).

Por fisiología se entiende el estudio de los procesos que se producen en los seres vivos. Cuando se recolectan los productos frescos, esos procesos vitales continúan, aunque en forma modificada. Teniendo en cuenta que una vez cosechados ya no pueden reponer las sustancias nutritivas ni el agua, los productos han de utilizar sus reservas almacenadas, y cuando éstas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la descomposición y a la putrefacción. Aunque no los ataquen los organismos causantes de la putrefacción, ese proceso natural de deterioro termina haciéndolos inaceptables como alimentos. Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y la transpiración (Ciro, 2007).

2.1.5.1. Respiración en frutas y hortalizas

El proceso por el cual las células degradan las moléculas de alimento para obtener energía recibe el nombre de RESPIRACIÓN CELULAR.

La respiración es un proceso que incluye la absorción de O_2 , la transformación de hidratos de carbono, la liberación de CO_2 y de energía, la formación de productos intermedios usados por las células en reacciones de síntesis y que desempeñan diferentes funciones en el metabolismo y finalmente la pérdida de peso como resultado de la oxidación.

La respiración ocurre en distintas estructuras celulares. La primera de ellas es la glucólisis que ocurre en el citoplasma.

La segunda etapa dependerá de la presencia o ausencia de O_2 en el medio, determinando en el primer caso la respiración aeróbica (ocurre en las mitocondrias), y en el segundo caso la respiración anaeróbica o fermentación (ocurre en el citoplasma) (Pedraza, 2006).

Sustrato + O₂ + CO₂ + H₂O + ATP y calor

La intensidad respiratoria (cantidad de O₂ absorbida o de CO₂ desprendido por un órgano vegetal de un peso determinado durante un tiempo definido) de un producto, es un buen indicador de la actividad metabólica de los tejidos y por tanto de su vida en la postcosecha y de su potencial de almacenamiento. Así, una intensidad respiratoria o una producción de calor elevado significan, por lo general, una breve vida y una corta conservación (Pedraza, 2006).

La respiración puede medirse determinando.

- Las pérdidas que experimenta el sustrato (muy pequeñas).
- La cantidad de O₂ consumida.
- La cantidad de CO₂ emitida.
- El calor desprendido.
- La energía desarrollada (Pedraza, 2006).

2.1.5.2. Respiración anaeróbica

En ausencia de oxígeno la respiración es anaerobia, se puede transformar en un proceso fermentativo, es mucho menos eficiente como productora de energía (un 4 %) y sus productos son etanol y CO₂.

El ácido pirúvico puede tomar por una de varias vías. Dos son anaeróbicas (sin oxígeno) y se denomina **fermentación alcohólica y fermentación láctica**. A la falta de oxígeno, el ácido pirúvico puede convertirse en etanol (alcohol etílico) o ácido láctico según el tipo de célula. Por ejemplo, las células de las levaduras pueden crecer con oxígeno o sin él. La formación de alcohol a partir del azúcar se llama fermentación (Pedraza, 2006).

2.1.5.3. Respiración Aeróbica

En presencia de oxígeno, la etapa siguiente de la degradación de la glucosa es la respiración, es decir la oxidación escalonada del ácido pirúvico a dióxido de carbono y agua (Pedraza, 2006).

La respiración aeróbica se cumple en dos etapas: el ciclo de Krebs y el transporte de electrones y la fosforilación oxidativa (estos dos últimos procesos transcurren acopladamente) (Pedraza, 2006).

La respiración aerobia es la que predomina en los frutos y hortalizas recién recolectados, pero la respiración anaerobia puede ser significativa en especies conservadas en atmósferas modificadas con un contenido demasiado bajo en O_2 o demasiado alto en CO_2 (Pedraza, 2006).

2.1.5.4. Efecto de los recubrimientos en la respiración de frutas

La ventaja del uso de recubrimientos es que forman una barrera en la superficie del fruto, modificando la composición gaseosa interna, disminuyendo la tasa de respiración y por lo tanto, prolongando la vida postcosecha del producto (Navarro & Maria, 2007).

Sin embargo, cabe destacar que la disminución de la tasa respiratoria y el retraso de la madurez de los frutos se obtiene siempre y cuando el fruto se mantenga respirando en forma aeróbica (Navarro & Maria, 2007).

Para todo producto existen límites mínimos de O_2 y máximos de CO_2 dentro de los cuales la modificación de la atmósfera es beneficiosa. Fuera de ellos, dicha atmósfera puede tener efectos perjudiciales, tales como la maduración desuniforme, inducción o incremento de la incidencia de desórdenes fisiológicos, y desarrollo de malos olores y sabores debido a la acumulación de productos de la fermentación (Seller et al., 2010).

Aguilar & Fenemma (2008), Señalan que un mínimo de 1-3% en la concentración de O_2 , dependiendo del producto, es necesario para prevenir un cambio de respiración aeróbica a respiración anaeróbica. Asimismo, indica que niveles de CO_2 por arriba de 20%, pueden resultar en la acumulación de etanol y acetaldehído dentro de los tejidos vegetales.

2.1.5.5. Influencia de la disponibilidad de aire en la respiración

La respiración depende de la presencia de aire abundante. El aire contiene alrededor de un 20 por ciento de oxígeno, que es esencial para el proceso normal

de respiración de la planta, en el que los almidones y los azúcares se convierten en dióxido de carbono y vapor de agua. Cuando disminuye la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno en el entorno se reduce a alrededor del 2 por ciento, la respiración es sustituida por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y ese alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable y promueve el envejecimiento prematuro (Seller et al., 2010).

2.1.5.6. Influencia del dióxido de carbono en la respiración

Cuando, por disminuir la disponibilidad de aire, el producto no está suficientemente ventilado, se acumula a su alrededor el dióxido de carbono. El aumento de la concentración de ese gas en la atmósfera hasta valores comprendidos entre el 1 y el 5 por ciento estropea rápidamente el producto, causando sabores desagradables, descomposición interna, detención del proceso de maduración y otras condiciones fisiológicas anormales. La ventilación adecuada del producto tiene, pues, una importancia fundamental (Seller et al., 2010).

2.1.6. El climaterio

En términos botánicos, el climaterio de los frutos corresponde a un período de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración. Este período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia (Pedraza, 2006).

La tasa de respiración de los frutos durante el proceso de maduración determinará si son frutos climatéricos o no climatéricos (Pedraza, 2006).

2.1.6.1. Frutas Climatéricas

Son aquellas que muestran un incremento más o menos marcado en la tasa respiratoria y en la síntesis de etileno. Entre las frutas climatéricas se cuentan: El melocotón, el albaricoque, la manzana, la pera, el plátano, el kiwi, la chirimoya, etc. Estas frutas evidencian una maduración coordinada por el etileno, que regula los cambios de color, sabor, textura y composición (Pedraza, 2006).

Estas frutas suelen almacenar almidón como hidrato de carbono de reserva durante su crecimiento. El almidón puede hidrolizarse durante la maduración dando lugar a azúcares simples que otorgan sabor a la fruta (Pedraza, 2006).

Este proceso sucede aunque la fruta sea separada de la planta inmediatamente antes de madurar (estado pre-climatérico). Por ello, se suele aprovechar este carácter para recolectar ese tipo de fruta en estado pre-climatérico, para almacenarla en condiciones controladas de forma que la maduración no tenga lugar hasta el momento de la comercialización. Un fruto climatérico es aquel que es capaz de seguir madurando incluso después de haber sido recolectado (Pedraza, 2006).

2.1.6.2. Frutas no climatéricas

Son aquellas que no presentan variaciones sustanciales en la tasa respiratoria o en la síntesis de etileno durante la maduración. Sino que por el contrario, muestran una progresiva y lenta tasa respiratoria durante la senescencia debido a la invasión microbiana y fungosa que conducirá a la descomposición del producto (Pedraza, 2006).

Además, el etileno no coordina los cambios organolépticos principales (sabor, aroma, textura) durante la maduración. Entre las frutas no climatéricas se encuentran: La mandarina, la uva, las cerezas, el limón, la naranja, la piña, etc. (Hideki, 2007).

Estos frutos no almacenan almidón antes de la maduración, razón por la cual no deben ser separados de la planta antes de alcanzar la madurez organoléptica. La recolección se debe realizar después de alcanzada la madurez, pues no mejoran su sabor y aroma luego de separadas de la planta (Hideki, 2007).

No controlar la tasa de respiración trae como consecuencia

- Pérdida de energía y con esta su menor capacidad en el tiempo para que pueda mantener su condición inicial (vida útil).
- Reducción del valor alimenticio total dado su inversión de reservas.
- Pérdida de peso como materia seca debido a la eliminación de dióxido de carbono; y se pierde peso fresco por la eliminación de agua (este último es ínfimo sí se comparara con él debido a la pérdida por transpiración)
- En un ambiente donde el oxígeno se agota con rapidez, puede deteriorarse el producto dado que no hay buena ventilación y se tienen entonces condiciones anaeróbicas.
- Incremento de temperatura en el ambiente, dado que no obstante la energía liberada en el proceso de respiración sirve para actividades normales del producto, el mayor porcentaje de ésta es liberada al medio circundante, lo que requiere estar removiendo cantidades adicionales de energía (Pedraza, 2006).

2.2. EMPLEO DE PELICULAS COMESTIBLES Y RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES EN LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS FRESCOS

Cerca de un 25% del total de las frutas frescas y vegetales cosechados se pierde debido a daños. Las frutas tropicales y los vegetales enfrentan serios problemas debido a que muchos de ellos son susceptibles de sufrir también daños por frío. Por lo tanto, temperaturas inferiores a 10°C no pueden ser usadas efectivamente para extender su vida de anaquel (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

Las frutas y vegetales pueden ser clasificados como climatéricos y no climatéricos. Los frutos climatéricos continúan madurando después de cosechados y sufren cambios más dramáticos en su actividad fisiológica. Muchos de los frutos tropicales importantes son del tipo de los climatéricos, los cuales maduran rápidamente durante el transporte y almacenamiento, y su tasa de respiración alcanza un nivel máximo al comienzo de la fase respiratoria climatérica (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

Algunas técnicas han sido utilizadas para el almacenamiento de frutas climatéricas con la finalidad de retardar la tasa de maduración después de la cosecha y así extender su vida de anaquel. Estas incluyen el almacenaje en atmósferas controladas/modificadas (AC/AM), empaque en atmósferas modificadas y/o aplicación de recubrimientos comestibles sobre sus superficies (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

La aplicación de barreras físicas como recubrimientos en la superficie de frutos puede regular la permeabilidad al O₂, CO₂ y vapor de agua, retardando el proceso natural de madurez fisiológica. Además de preservarlos contra la infestación de insectos y crecimiento de microorganismos, estas cubiertas son una alternativa viable de conservación. El uso de recubrimientos también mejora las propiedades mecánicas en el manejo de productos hortícolas (Landeta & Tarazaga, 2010).

El proceso de maduración conlleva a una serie de cambios fisicoquímicos, después de la cosecha, que determinan la calidad del producto adquirido por el consumidor. A continuación, se mencionan algunos de esos cambios, las causas que los provocan, así como el efecto que tiene sobre ellos el uso de recubrimientos en la superficie de algunos frutos (Landeta & Tarazaga, 2010).

2.3. CHIRIMOYA (*Annona cherimola*)

2.3.1. Taxonomía y morfología

- Familia : *Anonáceas*.
- Género : *Annona*.
- Especie : ***Annona cherimola* Mill.**

2.3.2. Origen

Las Anonáceas son originarias de los valles Interandinos de Ecuador, Colombia, Bolivia y Perú, donde crece en altitudes comprendidas entre 1.400 y 2.000 m. (FAO, 2006).

2.3.3. Botánica

Árbol erecto de poco desarrollo perteneciente a la familia de las Anonaceas, de aspecto arbustivo y extendido. Mide de 5 a 9 metros de altura y sus ramas están densamente cubiertas de vellos. Sus hojas son alternas, de forma ovoide a elíptica, de color verde oscuro en la parte superior y aterciopelada en la parte inferior.

Generalmente se propaga por semillas pero también se pueden hacer por injertos. Tiene una longevidad de 15 años aproximadamente y entra en producción a los tres a cuatro años. Es un cultivo de clima subtropical, desarrollándose mejor entre 1200 a 1800 msnm. (FAO, 2006).

2.3.4. Descripción

El fruto tiene forma cordiforme o cónica, de 10 a 20 cm de longitud y más de 10 cm de ancho, con un peso promedio entre 150 y 500 gramos, con variedades que llegan a pesar 2.7 Kg o más. La piel puede ser delgada o gruesa, suave, de color verde pálido y está cubierta de escamas o protuberancias redondas. Su pulpa es blanca, jugosa y carnosa, con un agradable aroma y un delicioso sabor semiácido. Contiene numerosas semillas duras, brillantes, en forma de frijol, de color café o negro y que miden de 1 a 2 cm de longitud (Arias, 2005).

2.3.5. Composición Nutricional

La chirimoya es rico en grasas, proteínas, sales minerales y Vitamina A: Su valor nutritivo se explica por el elevado contenido de azúcares, que llega hasta el 20° Brix, y el de proteínas, superior al de muchas otras frutas, que alcanza el 2% (Arias, 2005).

El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula (Arias, 2005).

La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. Además cumple un función antioxidante. Tiene mucha vitamina B1, B2, calcio (25-32 mg), hierro (0.5 mg) y fósforo (37 mg) (Arias, 2005).

Cuando se adquieren no deben presentar imperfecciones en la piel para evitar que la chirimoya se pase, conviene comprarla un poco verde y dejarla madurar a temperatura ambiente en el hogar. Está madura si el color de la cáscara ha pasado de verde oscuro a verde claro o verde-amarillento. Otros indicadores incluyen la aparición de un color cremoso entre segmentos de la cáscara y una mayor suavidad de la superficie (FAO, 2006).

Su aporte de fibra mejora el tránsito intestinal y beneficia a múltiples alteraciones y enfermedades (FAO, 2006).

Tabla 04: Composición Nutricional de la Chirimoya

Chirimoya (en 100 g de pulpa)			
Calorías	81.0	Agua	75.5
Proteínas	1.0	Grasas	0.2
Carbohidratos	22.0	Fibras	1.9
Cenizas	1.0	Calcio	30.0
Fosforo	47.0	Niacina	0.75
Hierro	0.4	Vitamina A	0.01
Vitamina B1	0.08	Vitamina B2	0.09
Vitamina C	0.5	Tiamina	0.06
Rivoflamina	0.14	Niacina	0.75
Ácido Ascórbico	4.3	Fósforo	47.1

Fuente: (FAO, 2006).

2.3.6. Post cosecha

La conservación a 8 – 10°C permite mantener el fruto en la cadena comercial durante dos semanas. Así ha sido posible aumentar rápidamente las exportaciones en los últimos años (García & Vicente, 2008).

Debido a que la anona tiene una cáscara muy fina que no le protege mucho de la pérdida de humedad, una vez que ha sido cortada del árbol debe ser colocada rápidamente a la sombra, o en lugares frescos donde no le pegue el sol directamente. La pérdida de humedad se refleja en pérdida de peso y de la frescura de la fruta (FAO, 2006).

La chirimoya tiene un alto contenido de una enzima llamada polifenoloxidasa, por lo que cuando la fruta sufre daños mecánicos como roces, desprendimiento de partes de la cáscara, magulladuras, rajaduras, etc., las células quedan en contacto con el aire y por acción de la enzima mencionada, se dan reacciones de oxidación que hacen que el tejido de la cáscara y la pulpa se oscurezca, afectando la apariencia (Cerdas et al., 2007).

2.3.7. Calidad de la chirimoya (*Annona cherimola*)

El índice de madurez de la chirimoya, es el cambio de color de la cáscara de verde oscuro a verde claro o verde-amarillento.

Los requisitos mínimos de calidad que debe reunir el producto son:

- Estar enteras,
- Sanas (sin daños mecánicos, plagas ni enfermedades que alteran el producto)
- Limpio (sin materiales extraños), con un color típico de la especie y variedad.
- De aspecto fresco, exentas de daños causados por heladas o deficiente conservación frigorífica.
- Sin lesiones producidas por el sol.
- Exento de olores y sabores extraños
- No se deben exceder los límites máximos permitidos internacionalmente (Codex Alimentarius) para los niveles de plaguicidas. (FAO, 1999)
- Deben tener una concentración alta de azúcares (14 – 15% cuando maduros) y acidez moderada (0,4 – 0.7% cuando maduros).

Además Las chirimoyas presentarán un desarrollo y un grado de madurez que les permita:

- Soportar la manipulación y el transporte.
- Un adecuado nivel de madurez comercial (FAO, 2006).

2.3.7.1. Tasa de Respiración

Tabla 05: Tasa de Respiración de la Chirimoya

TEMPERATURA ÓPTIMA	HUMEDAD RELATIVA ÓPTIMA	TASA DE PRODUCCIÓN DE ETILENO	TASA DE RESPIRACIÓN (ml CO ₂ /Kg.h)		
			0° C	10° C	20° C
8 ± .12°C	90 a 95%	100 - 300 µL/kg h a 20°C	25-100	45-150	150-200

Para calcular el Calor Producido multiplicar ml CO₂/Kg. h por 440 para obtener BTU/ton/día o por 122 para obtener Kcal/ton métrica/día (Marzo, 2010).

2.3.7.2. Efectos del Etileno

Las chirimoyas son frutos climatéricos. Se producen altos niveles de etileno La exposición al etileno (100 ppm por 1-2 días) acelera la maduración de las chirimoyas verdes (pero fisiológicamente maduras); pueden madurar en aproximadamente 5 días si se mantienen a 15°C o 20°C. (FAO, 2006).

La remoción de etileno puede ser útil en retardar la maduración de frutos de color verde (pero fisiológicamente maduros) (FAO, 2006).

2.4. FRESA (*Fragaria vesca*)

2.4.1. Taxonomía y morfología

- Familia : *Rosácea.*
- Género : *Fragaria*
- Especie : *Fragaria vesca*

2.4.2. Origen

Planta que aparece silvestre en las regiones templadas de Europa, Asia y América. Las condiciones ideales para el cultivo de fresa es una altitud entre 1800 y 2300 m.s.n.m. (FAO, 2006).

2.4.3. Botánica

La Fresa (*Fragaria vesca*) es nativa de las regiones templadas en el mundo y es cultivada en grandes cantidades. La planta de fresa es termo y fotoperiódica, es decir, que su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. El factor determinante para producir esta fruta es la temperatura óptima, que en promedio es de 14°C, pero se adapta bien entre los 10 y 20°C., en cuanto a la humedad relativa varía entre 70 y 80% (FAO, 2006).

Los suelos deben ser equilibrados, con muy buen drenaje, con buena capacidad para retener agua, aireados y abundantes en materia orgánica. La granulometría óptima que debe presentar un suelo para el cultivo de la fresa es de aproximadamente un 50% de arena silíceas, un 20% de arcilla, un 15% de calizas y un 5% de materia orgánica. Con estas características el suelo es catalogado como arenoso o franco arenoso (Asohofrucol, 2008).

2.4.4. Descripción

Estas “frutillas” pueden tener diferentes tamaños y formas (Fig. 6) dependiendo de la variedad, los más comunes son: achatada, esférica-cónica y de cuello cónico alargado

Se cosecha generalmente a mano, ya que es un fruto susceptible a daño. (Asohofrucol, 2008).

2.4.5. Composición nutricional

La fresa es uno de los frutos altamente apreciados en el mundo por su sabor y por su riqueza en vitaminas y minerales; además es un producto que tiene una amplia posibilidad de utilización industrial en la obtención de diferentes productos como mermeladas, purés, concentrados, helados, etc. (FAO, 2006).

Su valor nutricional como alimento se encuentra representado en el aporte moderado de carbohidratos. Es una buena fuente de vitamina C, contiene ácidos orgánicos como el cítrico, málico, oxálico y salicílico, es rica en minerales como potasio y magnesio, y en compuestos activos presenta pigmentos, aceite esencial, taninos y flavonoides, mientras que las antocianinas, responsables de su coloración roja, son eficientemente absorbidas por el cuerpo y tienen efectos antioxidantes (FAO, 2006).

Tabla 06: Composición Nutricional de la Fresa

Fresa (en 100 g de pulpa)			
Energía (Kcal)	32.24	Hierro (mg)	0.46
Proteína (g)	0.81	Yodo (mg)	2.70
Carbohidratos (g)	5.51	Magnesio (mg)	13.32
Fibra (g)	1.68	Potasio (mg)	161.0
Grasa Total (g)	0.40	Fosforo (mg)	16.0
Agua (g)	91.6	Vitamina C (mg)	54.93
Calcio (mg)	21.47		

Fuente: (FAO, 2006).

2.4.6. Post cosecha

Después de la cosecha se recomienda llevarla a bajas temperaturas lo más pronto posible ya que el fruto sin tratar solo cuenta con una vida de 2 o 3 días, esto por lo general se logra por medio de aire forzado a 34°F y después se recomienda mantenerlo en condiciones atmosféricas óptimas (90-95% HR, 5-10% O₂ y 15-20% CO₂ temperatura adecuada (0°C) para que el producto tenga una vida útil que oscile entre los 7-10 días (Arias, 2005).

2.4.6.1. Tasa de Respiración

Los productos hortofrutícolas presentan características fisiológicas que los hacen susceptibles a diferentes tipos de deterioro, por lo tanto el manejo post cosecha de la respiración y de la transpiración son cruciales para asegurar la vida útil del producto (Pedraza, 2006).

La fresa es un producto con una elevada tasa respiratoria a temperatura ambiente; esto la hace una fruta muy perecedera por la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales, ya que carece de una barrera exterior que le permita retener agua. Pérdidas del 3 % en peso, son suficientes para que el fruto pierda su brillo característico y presente una apariencia arrugada. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la fresa tiene muy poca resistencia mecánica y resulta ser muy propensa a sufrir magulladuras y ser susceptible al ataque microbiano sobre todo al del hongo *Botrytis cinerea* (Pedraza, 2006).

En el caso de la fresa las recomendaciones básicas de manejo de post cosecha están indicadas en la siguiente tabla (Pedraza, 2006).

Tabla 07: Tasa de Respiración de la Fresa

TEMPERATURA ÓPTIMA	HUMEDAD RELATIVA ÓPTIMA	TASA DE PRODUCCIÓN DE ETILENO	TASA DE RESPIRACIÓN (ml CO ₂ /Kg.h)		
			0° C	10° C	20° C
0 ± .5°C	90 a 95%	< 0,1 μL/C ₂ H ₄ /kg h a 20°C	6-10	25-50	50-100

Para calcular el Calor Producido multiplicar ml CO₂/Kg. h por 440 para obtener BTU/ton/día o por 122 para obtener Kcal/ton métrica/día (Kitinoja, 2005).

El etileno no estimula los procesos que ocurren durante la maduración de la fresa (las frutas se deben cosechar cerca de la plena madurez). (Kitinoja, 2005)

2.4.7. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA FRESA

La fresa, como cualquier fruto, continúa con un metabolismo activo tras su recolección. Por tratarse de un producto muy perecedero, su calidad y vida útil pueden verse mejoradas por control de los procesos de deterioro e inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los patógenos que pueda contener. Factores tanto intrínsecos como extrínsecos influyen en la extensión de su vida útil. (FAO, 2006)

2.4.7.1. Pérdida de peso

La fresa presenta una elevada tasa de transpiración, produciendo pérdidas de agua que implican arrugamiento (aspecto envejecido), disminución de peso comercial y descenso de la calidad sensorial, afectando a la apariencia, textura y jugosidad del fruto (Calabrese, 2003).

En la mayoría de los frutos pérdidas del 3-5 % del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial. Problema todavía más notable en el caso de las fresas, pues debido a su fina piel no poseen una buena barrera exterior con que retener el agua (Carrillo, 2005).

La pérdida de este parámetro de calidad implica en la fresa un mayor encogimiento y una disminución de su brillo, siendo por ello la máxima pérdida de peso aconsejable para este fruto durante su comercialización del 6% (García & Vicente, 2008).

2.4.7.2. Color

Las fresas recién recolectadas presentan un color “rojo-rosáceo” vivaz y brillante, que con el tiempo y temperatura ambiente rápidamente pasa a “rojomarrónáceo” menos vivaz y más opaco (Escobar, Sala, & Silvera, 2009).

La disminución del color rojo es causada por la aparición de pardeamiento oxidativo (Nules *et al.*, 1995), siendo equivalente en observación ocular a un oscurecimiento de la fresa, viéndose un color más cercano al marrón que al rojo. En otros estudios se relacionan las pérdidas de color rojo con reacciones de pardeamiento enzimático, de Maillard y de degradación del ácido ascórbico, siendo variables estos cambios de coloración según las condiciones de temperatura, pH y tiempo de almacenamiento (Escobar, Sala, & Silvera, 2009).

2.4.7.3. pH

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de poscosecha de la fresa. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura, aumento de CO₂, etc. (García *et al.*, 2005).

La no influencia del CO₂ podría deberse a su transformación en ácido carbónico y posterior disociación en el citoplasma, produciendo cambios de pH absorbidos por la capacidad tampón de los tejidos. (Holcroft & Kader, 2006).

2.4.7.4. Sólidos Solubles

Los sólidos solubles son el conjunto de determinados azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico), compuestos fenólicos, antocianinas, etc., cuyas proporciones dependen de la variedad estudiada (Holcroft & Kader, 2006).

Las fresas, tras su recolección, como continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizan como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección (Pelayo et al., 2003). La disminución de los sólidos solubles, se produce en presencia de atmósferas ricas en oxígeno (García et al., 2005).

2.4.7.5. Acidez titulable

El ácido cítrico es el más abundante de la fresa, seguido de málico, succínico y ascórbico, razón por la que los resultados de acidez titulable se expresan en cantidad de ácido cítrico (Arias, 2005).

En la fresa, según sea el tejido analizado externo o interno, la cantidad inicial de ácido cítrico es distinto y evoluciona de manera independiente. Así, altas cantidades de dióxido de carbono solo producen aumentos de ácido cítrico (Holcroft & Kader, 2006).

La acidez titulable es necesaria para conocer la evolución del grado de madurez en las fresas, parámetro resultante de la relación entre la cantidad de ácido cítrico presentes respecto a la de sólidos solubles obtenidos. Para la venta y comercialización de fresas en condiciones óptimas, se recomienda un valor máximo del 0,8 % (Holcroft & Kader, 2006).

La fresa se caracteriza por tener sabores dulce ácido, debido a que cuenta con una variedad de azúcares y ácidos orgánicos, cuya concentración oscila dependiendo de la variedad (Holcroft & Kader, 2006).

Tabla 08: Cantidad de azúcares (°Brix), pH y acidez titulable

Variedad	°Brix	pH	Acidez Titulable
Benton	11.4	3.37	1.09
Firecracker	9.74	3.43	1.36
Hood	12.37	3.45	0.98
Totem	10.64	3.46	0.95

Fuente: (Yorgey., 2001).

2.5. PERA (*Pyrus communis*)

2.5.1. Taxonomía y morfología

- Familia : *Rosáceas*
- Género : *Pyrus*
- Especie : ***Pyrus Communis***. (FAO, 2006).

2.5.2. Origen

La pera es un arbusto frutal que pertenece a la familia de las Rosáceas y al género *Pyrus*. Este género comprende más de 20 especies, de las cuales casi la mitad se encuentra en Europa, Africa del Norte y Asia Menor. La especie que se cultiva por estas zonas templadas es el ***Pyrus Communis***, a la cuál pertenecen miles de variedades (FAO, 2006).

2.5.3. Botánica

El peral es un arbusto perteneciente a la familia de las Rosáceas, que en estado adulto presenta de manera habitual una forma piramidal, aunque puede variar según las podas que se le dé. La altura promedia entre los 20 m. La planta presenta también un tronco grueso con cortezas agrietadas, sus hojas son de formas ovaladas, acorazonadas o casi redondeadas y dentadas. Las flores son blancas con matices rosados, presentan 5 sépalos, numerosos estambres (Calabrese, 2003).

La propagación generalmente se realiza por semillas pero también se pueden hacer por injertos, que es el método más adecuado para instalar huertos comerciales, ya que los árboles injertados son uniformes en cuanto a la calidad, forma y tamaño de la fruta (Calabrese, 2003).

2.5.4. Descripción

La mayoría de las peras son de forma cónica, parecidas a una bombilla e incluso algunas casi redondas, globosas. Son más o menos estilizadas, cuanto más o menos alargado sea el fruto hacia el pedúnculo que los une a la rama, siendo casi todas redondeadas en la base (FAO, 2006).

El color de la piel que predomina es el verde pero son numerosas las diversas tonalidades que se entremezclan con este, como el amarillo el pardo y en ocasiones el rojizo según la variedad, la pulpa es casi siempre blanca y en algunos casos

ligeramente amarillenta, de sabor dulce en mayor o menor grado, con un porcentaje elevado de humedad, se hace agradable y refrescante (FAO, 2006).

Dependiendo de la madurez de la pera esta ofrecerá diferentes características de sabor, dulzor, acidez y suavidad (FAO, 2006).

2.5.5. Composición nutricional

La pera tiene un alto contenido en agua. El agua permite englobar en solución otras sustancias, como azúcares, taninos, pigmentos, sales minerales, ácidos y otras. El porcentaje medio de agua oscila entre valores de 78-90%, variando según el estado de desarrollo y según las variedades (FAO, 2006).

Nutricionalmente las peras se consideran una buena fuente de fibra y pueden suministrar cantidades sustanciales de potasio en la dieta. Los azúcares reductores, de los cuales la fructosa es el mayor componente, constituyen el 80% del total de los azúcares presentes en la pera (FAO, 2006).

Esta fruta también contiene maltosa, galactosa, xilosa y probablemente arabinosa. Otros carbohidratos presentes son el almidón y la celulosa.

Durante la maduración, el almidón de la fruta se convierte en azúcar. La alta calidad del sabor de las peras está asociada al alto contenido en azúcares (FAO, 2006).

Tabla 09: Composición nutricional de la pera

Pera (en 100 g de pulpa)			
Agua (%)	87.7	Fósforo (mg)	16.0
Calorías (KJ)	264.60	Hierro (mg)	0.3
Proteínas (g)	0.7	Tiamina (mg)	0.02
Grasas (g)	0.4	Riboflavina (mg)	0.04
Carbohidratos (g)	15.8	Ácido nicotínico (mg)	0.1
Fibra (g)	1.4	Ácido ascórbico (mg)	4.0
Calcio (mg)	13		

Fuente: (FAO, 2006)

2.5.6. Manejo post cosecha

2.5.6.1. Tasa de Respiración

Tabla 10: Tasa de Respiración de la Pera

TEMPERATURA ÓPTIMA	HUMEDAD RELATIVA ÓPTIMA	TASA DE PRODUCCIÓN DE ETILENO	TASA DE RESPIRACIÓN (ml CO ₂ /Kg.h)		
			0° C	5° C	20° C
-1 ± 0°C	90 a 95%	20-110µL/C ₂ H ₄ /kg. h a 20°C	2-3	6-8	15-35

2.6. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

En el cuadro N° 24, se presenta los requisitos fisicoquímicos de la materia prima (Fresa, Chirimoya y Pera de Agua) de acuerdo con su estado de madurez.

Tabla 11: Características fisicoquímicas promedio en diferentes frutas

FRUTA	pH	ACIDEZ	BRIX
Piña	3.23	1.24	18
Maracuyá	2.87	4.59	9.73
Chirimoya	4.58	0.40	20.80
Mango	4.39	0.15	11.4
Naranja dulce	3.61	0.71	8.77
Coco	6.13	0.32	9.73
Fresa	3.38	0.6	18.1
Níspero	5.10	0.14	24.3
Mamey	3.45	0.90	13.5
Pera	4.20	0.35	14.2
Grosella	2.05	3.65	5.5
Guanábana	3.04	1.45	12.3

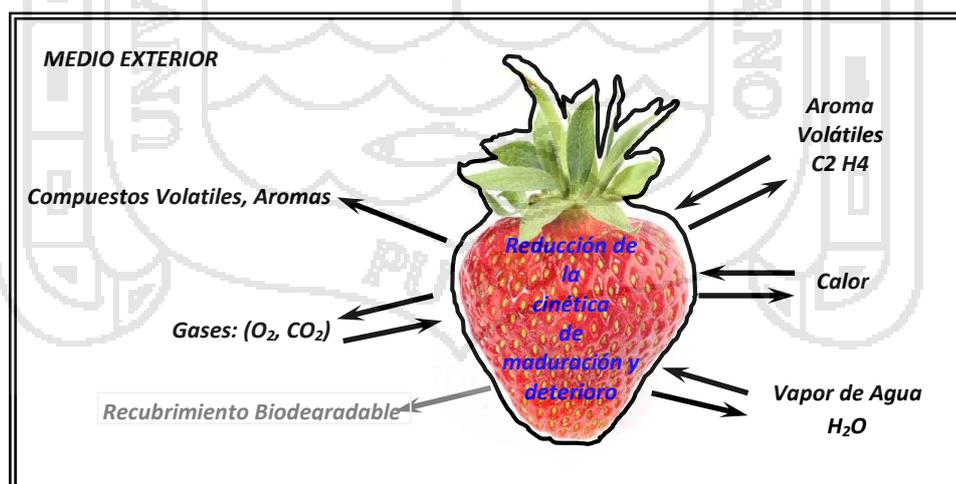
Fuente: (Mitcham, 2010)

2.7. RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES

2.7.1. Aspectos generales de los recubrimientos biodegradables

Una película comestible es una capa delgada y continua, hecha de materiales que puedan ser ingeridos por el consumidor y provee una barrera a la humedad, oxígeno y solutos. El material puede cubrir completamente el alimento o puede colocarse entre los componentes del producto (Guibert et al., 2002).

Figura 01: Características de un Recubrimiento



Fuente: (Aguilar & Fenemma, 2008)

Las películas y recubrimientos comestibles no pretenden sustituir a los empaques sintéticos diseñados para alimentos con tiempo de almacenamiento prolongado. Su utilidad recae en la capacidad de actuar como un accesorio que mejora la calidad

de un alimento, extendiendo su vida de anaquel y la posibilidad de aumentar la eficiencia de los empaques de alimentos, mediante la incorporación de diversas sustancias que enriquecen sus propiedades funcionales (Aguilar & Fenemma, 2008).

2.7.2. Propiedades de los recubrimientos biodegradables

Actualmente el interés por las películas comestibles ha crecido considerablemente, debido a que, según Aguilar & Fenemma (2008). Presentan las siguientes propiedades funcionales.

1. Reducir la pérdida de humedad
2. Reducir el transporte de gases (CO_2 y O_2)
3. Reducir la migración de aceites y grasas
4. Reducir el transporte de solutos
5. Mejorar las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos
6. Proveer integridad estructural a los alimentos
7. Retener los componentes volátiles de aroma.
8. Contener aditivos alimentarios.

Fuente: (Aguilar & Fenemma, 2008)

2.7.3. Ventajas de los recubrimientos biodegradables

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

- Buenas cualidades sensoriales
- Alta eficiencia mecánica y de barrera
- Estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana.
- Deben estar libres de tóxicos
- Seguros para la salud
- De tecnología simple
- No deben de tener contaminantes
- De bajo costo tanto de materiales como en los procesos.

Guilbert et al. (2005), menciona algunas de las ventajas de utilizar recubrimientos comestibles:

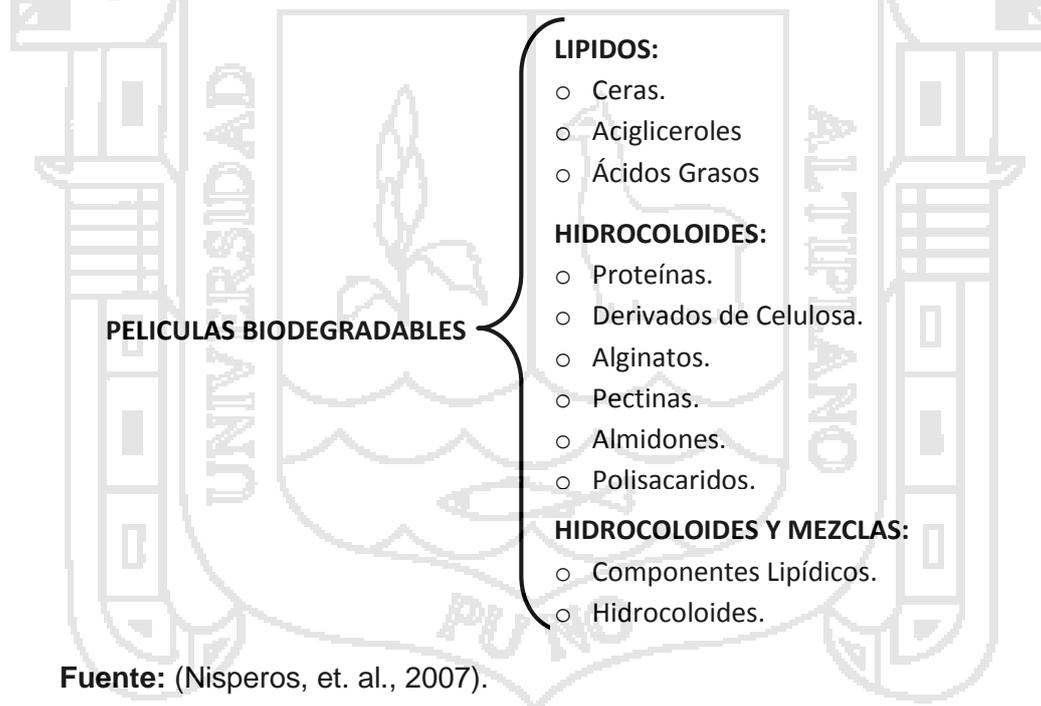
- Pueden ser ingeridas por el consumidor.
- Su costo es generalmente bajo.
- Su uso reduce los desechos y la contaminación ambiental.

- Pueden mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos.
- Proporcionan protección individual a pequeñas piezas o porciones de alimento.
- Pueden ser usadas en alimentos heterogéneos como barrera entre los componentes.

2.7.4. Componentes de las películas

(Nisperos, et. al., 2007), clasifican a los componentes de las películas alimenticias en tres categorías: lípidos, hidrocoloides y mezclas. Los hidrocoloides incluyen proteínas, derivados de celulosa, alginatos, pectinas, almidones y otros polisacáridos. Mencionan también que los lípidos incluyen a las ceras, acilgliceroles y ácidos grasos. y las mezclas que contienen componentes lipídicos e hidrocoloides. Los autores mencionan que dependiendo del tipo de componente dependerán las propiedades de cada película.

Figura 02: Componentes de las Películas



Fuente: (Nisperos, et. al., 2007).

2.7.4.1. Lípidos

Para la elaboración de recubrimientos a base de lípidos se han utilizado un gran número de compuestos tales como: aceites, grasas vegetales y animales, acetoglicéridos, ceras naturales, etc. (Aguilar & Fenemma, 2008).

Excelentes propiedades como barrera frente a la humedad, ya sea en forma de capas protectoras de la superficie o como barrera entre dos compartimentos de un alimento heterogéneo. (Aguilar & Fenemma, 2008).

Aguilar & Fenemma (2008), mencionan que las ceras y los lípidos incluyendo, la lecitina, cera de abejas y glicéridos son sumamente usados para el recubrimiento de frutas, pero antes de ser consideradas como películas se consideran como simples cubiertas.

Las grasas también son utilizadas para recubrir confitería, pero una de las desventajas es que puede ocurrir rancidez o la superficie se puede poner grasosa (Guilbert et al., 2005).

2.7.4.2. Mezclas o sistemas multicomponentes

Las películas comestibles constituidas por varios compuestos han sido diseñadas para aprovechar las propiedades funcionales complementarias de los distintos tipos de materiales comestibles para limitar los inconvenientes propios de cada uno de ellos (Aguilar & Fenemma, 2008).

Guilbert et al. (2005), menciona que cuando se combinan, lípidos, proteínas y polisacáridos que puedan interactuar física y/o químicamente, se pueden obtener recubrimientos con mejores propiedades.

2.7.4.3. Hidrocoloides

Estas películas poseen buenas propiedades de barrera para el oxígeno, dióxido de carbono y lípidos. Son utilizadas donde el control de la migración de vapor de agua no es el objetivo. La mayoría de estas películas tienen propiedades mecánicas deseables para trabajar con productos frágiles, no aportan sabor y son sensibles al calentamiento (Navarro & Maria, 2007).

Los hidrocoloides usados para películas pueden ser clasificados de acuerdo a su composición molecular, carga molecular y solubilidad en agua (Navarro & Maria, 2007).

- a. Polisacáridos:** Estas películas tienen propiedades como barrera a los gases y puede adherirse a superficies de frutas y vegetales. La desventaja al utilizar este tipo de películas es que las propiedades de barrera a la humedad son muy bajas debido a la naturaleza hidrofílica de las mismas (Guilbert et al., 2005).
- b. Proteína:** Las películas de proteínas se adhieren fácilmente a superficies hidrofílicas pero en la mayoría de los casos no son resistentes a la difusión del agua. Las fuentes más comunes son: caseína, zeína, soya, albúmina de huevo, lactoalbúmina, suero de leche, gluten de trigo y colágeno. Otra desventaja de

las películas de proteínas es su sensibilidad a los cambios de pH por lo que deben delimitarse a las condiciones óptimas de su formación (Ciro, 2007).

2.7.5. Formación de las Películas

Cuando un polímero está siendo aplicado a una superficie o matriz, existen dos fuerzas operando: cohesión y adhesión. El grado de cohesión afecta las propiedades de la película así como la densidad, la porosidad, permeabilidad, flexibilidad y fragilidad de la película (Escobar et al., 2009). Cuando las películas proteicas se exponen a un calor excesivo se afecta la cohesión: ya que las moléculas son inmovilizadas prematuramente provocando defectos como perforaciones y fractura prematura de la película (Guzmán et al., 2008).

2.7.6. Aditivos

Los aditivos son varios componentes que pueden ser agregados a las películas comestibles para mejorar sus propiedades mecánicas, de protección, sensoriales o nutricionales (Escobar et al., 2009).

Para incrementar las propiedades organolépticas o nutricionales en el alimentos se pueden incorporar agentes saborizantes, pigmentos o aditivos nutricionales en las películas comestibles o cubiertas.

Los aditivos pueden ser.

- a. Plastificantes (ceras, aceites, ácidos grasos).
- b. Conservadores químicos (ácido benzoico, ácido sórbico).
- c. Surfactantes y emulsificantes (grasas, aceites) (Guzmán et al., 2008).

2.7.6.1. Plastificantes

Un plastificante es definido como una sustancia estable, no volátil y con alto punto de ebullición, la cual, cuando es adicionada a otro material, cambia las propiedades físicas y/o mecánicas de ese material (Escobar et al., 2009),

La adición de un plastificante permite la obtención de una película menos frágil, más flexible, más dócil, y eventualmente más dura y (Famá, 2006).

Escobar et al., (2009), menciona que los plastificantes que se utilizan en la industria de los alimentos incluyen

- Monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos (glucosa, jarabes de fructosa o glucosa, miel).
- Polioles (sorbitol, glicerol, etc).

- Lípidos y derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster, fosfolípidos y surfactantes).

Algunos de estos plastificantes más conocidos son los siguientes:

- a) Ácido Oleico:** Escobar et al., (2009), menciona que el aceite de oliva es un compuesto complejo constituido por ácidos grasos, vitaminas, componentes solubles en agua y pequeños trozos de oliva. Los ácidos grasos primarios del aceite de oliva son el ácido oleico y el ácido linoléico.

El ácido oleico es obtenido a partir de la aceituna, el fruto del árbol de olivo, ya sea de forma mecánica o física.

Tabla Nº 12: Características del ácido oleico

Uso Funcional en Alimentos

Aditivo de Grado Alimenticio

Agente Antiespumante

Buen Lubricante

Fuente: (Tawil, 2003)

- b) Aceite de Oliva:** El aceite de oliva es una mezcla de glicéridos con ácidos grasos, contiene pequeñas cantidades de ácidos grasos libres, glicerol, fosfátidos, compuestos aromatizantes, esteroides y otros componentes secundarios. A continuación se presenta la composición media de ácidos grasos del aceite de oliva (Guzmán et al., 2008).

- Ácido palmítico (C16:0) 7.5-20 %
- Ácido palmitoleico (C16:1) 0.3-3.5 %
- Ácido esteárico (C18:0) 0.5-5.0 %
- Ácido oleico (C18:1) 55.0-83.0 %
- Ácido linoleico (C18:2) 3.5-21.0 %
- Otros 1.5-3.2 %

- c) Ácido Palmítico:** El ácido palmítico o ácido hexadecanoico, es un ácido graso saturado, presente en aceites y grasas naturales, principalmente en aceite de palma (Guzmán et al., 2008).

- d) Glicerol:** El glicerol es un polihidroxiálcohol ampliamente utilizado en las industrias Química, Farmacéutica y Cosmética en virtud de sus propiedades humectante, antisépticas, hidrosópicas y espesantes. Se trata de un líquido

incolore, viscoso y casi inodoro, que posee una temperatura de ebullición de 290 °C y una temperatura de fusión de 17,9 °C. La fuerza de tensión superficial es menor que la del agua, pero mayor que la de muchos disolventes orgánicos; resulta soluble en agua y alcohol e insoluble en éter y cloroformo.1 (Guzmán et al., 2008).

2.7.6.2. Emulsificantes y surfactantes

Previenen la fractura de la película sobre el alimento, reducen la actividad de agua de las películas y la velocidad de pérdida de humedad en el producto. Incluyen grasas, aceites, emulsificantes y polietilenglicol (Kitinoja, 2005).

Un agente emulsificante, es una sustancia que disminuye la tensión superficial y son imprescindibles para mezclar los ingredientes de tipo graso y acuoso y conseguir unas emulsiones estables y duraderas. (Kitinoja, 2005).

- a. **Lecitina de Soya:** La lecitina de soya es una mezcla compleja de fosfátidos (principalmente fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol, ácido fosfatídico y fosfatidilserina) combinados con triglicéridos, ácidos grasos, tocoferoles y carbohidratos. Se obtiene a partir de las gomas del aceite de soya y contiene de 30 – 35% de aceite. Tiene un aporte calórico de 8.50 kcal/g. (Dadhagenmaier & Baker, 2006).

La lecitina generalmente es utilizada a niveles del 0.2-1%, en base al peso del producto terminado (Dadhagenmaier & Baker, 2006).

2.7.6.3. Compuestos hidrofóbicos

- a. **Cera de Candelilla:** Químicamente las ceras son ésteres de ácidos grasos y alcoholes superiores. La cera de candelilla se extrae de la planta silvestre *Euphorbia antisyphilitica*, que crece en las llanuras y lomeríos de las extensas regiones semi-desérticas de los estados de Coahuila, Durango, Chihuahua, Nuevo León y Zacatecas en la República Mexicana (Dadhagenmaier & Baker, 2006).

Está considerada como sustancia GRASA y sus usos en confitería y alimentos no tiene limitaciones más allá de las buenas prácticas de manufactura (Dadhagenmaier & Baker, 2006).

Tabla N° 13: Composición de la cera de candelilla

COMPONENTE	
Hidrocarburos	30.6 – 45.6
Esteres Simples	20 – 21
Esteres Hidroxilados	6 – 8
Alcoholes libres, esteroides y resinas neutras	12-14
Ácidos libres	7-9
Materia mineral	0.7
Material volátil	0.5 – 1

Fuente: (Galo, 2009)

- b. **Cera de abeja:** La cera de abeja, es una secreción natural de las glándulas que las abejas obreras jóvenes tienen en el abdomen. La cera de abeja cruda se obtiene fundiendo y filtrando los panales para obtener una cera limpia. La cera de abeja contiene ácidos libres, esteroides y otros componentes naturales, que le dan características especiales, tales como propiedades emulsificantes, plasticidad y olor agradable (Kitinoja, 2005).

Tabla N° 14: Composición de la cera de abeja

COMPONENTE	
Hidrocarburos	10.5 – 14.5
Monoésteres de ácidos cerosos, hidroxísteres y triésteres	71
Esteres de colesterilos	1
Alcoholes libres	1 – 1.25
Ácidos cerosos libres	13.5 – 14.5
Lactosas	0.6
Materias colorantes	0.3
Humedad e impurezas minerales	1 – 2

Fuente: (Galo, 2009)

Tabla N° 15: Propiedades de algunas Ceras

Cera	Punto de fusión (°C)	Densidad (g/ml)	Dureza (cm x 10-2)
Parafina	50.0 - 51.1	0.880-0.915	31.3
Carnauba	82.5 - 86.0	0.996-0.998	6.7
Cera de abeja	61.0 - 65.0	0.950-0.960	2-4
Candelilla	65.0 - 68.8	0.982-0.993	4.7

Fuente: (Galo, 2009)

Tabla N° 16: Ventajas y Desventajas del uso de ceras en las frutas

VENTAJAS	DEVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Controla la pérdida de peso, arrugamiento, ablandamiento. • Alteraciones fisiológicas. • Controla alteraciones patológicas. • Aporta brillo: efecto sobre la comercialización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta la fisiología del fruto, depende a la variedad que se aplique. • Varía de acuerdo a la composición de la formulación, tipo de cera, etc. • Varía de acuerdo a las condiciones de almacenamiento.

Fuente: (Galo, 2009)

2.8. LECHE

2.8.1. Definición

La leche tiene un color blanco dado por las partículas coloidales que dispersan la luz que reciben, y es ligeramente amarilla por la presencia de carotenoides, vitamina A y lactoferrina. Su densidad varía entre 1.028 a 1.034 g/L, un contenido mayor en materia grasa hará que su densidad disminuya; su pH está cerca del neutro, alrededor de 6.6 (Belitz & Grosch, 2004).

Según Csapo et al. (2005), La leche es un producto inestable y perecedero que se altera rápidamente, sobre todo por contaminación microbiana. Por lo cual, debe refrigerarse lo antes posible y procesarse en forma rápida. Es un alimento muy complejo, en el cual se distinguen tres fases.

- a. **Fase acuosa:** Donde se encuentran sales, azúcares, proteínas, vitaminas y aminoácidos disueltos.
- b. **Fase sólida:** Se encuentran en estado coloidal, formada por proteínas complejas principalmente caseína, fosfatos y otros sales insolubles en calcio.
- c. **Fase lipídica emulsionada:** Formada por grasas, esteroides (principalmente colesterol) y vitaminas liposolubles (vitaminas A y D) (Marcelo & Rizvi, 2008).

2.8.2. Componentes de la leche

2.8.2.1. Proteínas

Las moléculas proteicas son encadenamientos de más de 100 residuos de una veintena de clases de aminoácidos diferentes.

La importancia de los componentes proteicos de la leche radica en.

- Es uno de los componentes mayoritarios de la leche, después del agua, lactosa y materia grasa.
- Componente más importante desde el punto de vista nutritivo (Malacame et al., 2005).

Tabla Nº 17: Composición proteica de la leche de vaca

PROTEINA	LECHE DE VACA (g/100 ml)
Caseína	2.80
α - lactoalbúmina	0.12
β - lactoglobulina	0.30
Inmunoglobulina	0.05
Lactoferrina	0.02
TOTALES	3.40

Fuente: (Malacame, et. al., 2005).

Las proteínas de la leche son de un alto valor biológico (30 - 36 g/l) y fundamentales en la nutrición humana. Estas proteínas son de dos tipos:

- Caseína en suspensión coloidal, 80%.
- Lactoglobulina y Lactoalbúmina del suero, 20%

Entre las proteínas de la leche destacan: la caseína, las albúminas, las globulinas, las proteosas-peptona y la lactoferrina. A continuación se describen las propiedades físicas y químicas de cada grupo (Beuvier & Buchin, 2004).

a. Caseína

La caseína es un complejo de fosfoproteínas y glicoproteínas que están en forma de suspensión coloidal, en micelas estabilizadas que no coagulan al calentar la leche a 100°C, pero si al bajar el pH a 4.65 (Belitz & Grosch, 2004)

Las micelas proteicas de la leche tienen una estructura compleja, en la que las moléculas de α -, β - y κ - caseína se agrupan en un núcleo hidrófobo y una parte hidrófila, que estabilizan la suspensión coloidal. Las más importantes son la α , β y κ , que representan, respectivamente, el 50, 30 y 15 % del total de las caseínas (Belitz & Grosch, 2004).

Las caseínas son fácilmente coagulables siendo la principal por acción de las proteasas ya sean animales o vegetales. (Beuvier & Buchin, 2004).

b. Albúminas

Dentro de este grupo se encuentran las β -lactoglobulina, α -Lactoalbúmina y seroalbumina.

- **La β – Lactoglobulina:** Constituye la proteína soluble más abundante (3 g/L) en la leche. La lactoglobulina precipita a 100°C y a pH 4.5 (Kircher & Usami, 2008).

Su estructura está formada por una sola cadena de 162 aminoácidos, de los cuales cinco son de cisteína estableciendo dos puentes disulfuro intramoleculares que estabilizan su estructura terciaria compacta, quedando un grupo tiol (-SH) libre muy activo (Escobar et al., 2006).

- **La α – Lactoalbúmina:** Es una proteína globular que constituye de (1 a 1.5 g. /L) y está presente en la leche de todos los mamíferos y junto con la anterior son las dos más importantes del lactosuero. Es una proteína muy

sensible a la temperatura, que se desnaturaliza fácilmente de modo reversible (Konrad & Kleinschmidt, 2008).

Está formada por una sola cadena polipeptídica de, de 123 aminoácidos. La α – lactoalbúmina es importante dada la abundancia de triptofano, también es una de las proteínas de la leche que pueden causar alergia a este alimento (Fenaille et al., 2006).

- **La seroalbúmina (SA):** Es uno de los componentes mayores del suero sanguíneo. Supone solamente el 5% de las proteínas solubles de la leche (Belitz & Grosch, 2004).

c. Globulinas

Este grupo comprende principalmente a las inmunoglobulinas, que son proteínas que forman parte del sistema de defensa contra microorganismos, estas proteínas son capaces de reconocer y unirse específicamente a las estructuras contra las que están dirigidas (antígenos), permitiendo su reconocimiento y facilitando su destrucción por el conjunto del sistema inmune, son anticuerpos sintetizados en respuesta al estímulo de antígenos. Aglutinan numerosos tipos de bacterias y esporas y se consideran dentro del grupo de las principales sustancias antibacterianas de la leche cruda. (Fenaille et al., 2006).

La leche contiene muy poca cantidad de estas globulinas, un promedio de 0.6 g/L en la leche de vaca, representado el 2 % de las proteínas totales (Belitz & Grosch, 2004).

d. Proteasas – Peptona

Constituyen una fracción compleja formada por una mezcla heterogénea de polipéptidos que permanecen solubles después del calentamiento de la leche a 95 °C durante 20–30 minutos seguido de una acidificación a pH 4.6. Presenta alta estabilidad térmica (Belitz & Grosch, 2004).

e. Lactoferrina

Es una proteína fijadora de hierro, constituye, junto con la lisozima y el sistema lactoperoxidasa, las llamadas proteínas protectoras de la leche. Son proteínas no inmunológicas que aumentan y complementan el sistema inmune (Belitz & Grosch, 2004).

Posee 2 funciones importantes: a) transportadora de Fe y b) presenta acción bacteriostática.

2.8.2.2. Azúcares de la leche

Otro de los componentes de la leche son los azúcares, el principal azúcar lo constituye la lactosa (40-50 g/litro en leche de vaca; 75 g/litro en leche humana). Otros son: glucosa, galactosa, amino azúcares, azúcares fosforilados, entre otros, los cuales se encuentran en pequeñas cantidades (mg o microgramos por 100 ml) (García et al., 2005).

2.8.2.3. Lípidos de la Leche

El tercer gran grupo de los componentes principales de la leche desde el punto de vista industrial y nutricional son los lípidos. Es el elemento base de la mantequilla y la natilla, además de que es elemento constituyente de la mayor parte de los derivados lácteos. A continuación se muestra la composición porcentual de la fracción lipóide (ver tabla 17) (Belitz & Grosch, 2004).

Tabla N° 18: Composición porcentual de la fracción lipóide

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Triglicéridos, di- y mono-glicéridos	98.0
Ácidos grasos libres	0.5 (*) 0.3 (*)
Fosfolípidos y esfingolípidos	0.7
Residuo insaponificable	0.3

(*) Dependiente de la alteración enzimática.

Fuente: (Belitz & Grosch, 2004)

El residuo insaponificable está constituido por: colesterol, otros esteroides, hidrocarburos, vitaminas liposolubles y carotenoides. En la leche, la grasa está emulsionada en forma de microglóbulos, cuyo diámetro oscila entre 3 - 10 μ , los cuales están rodeados por una membrana doble de fosfolípidos y proteínas; esta doble capa lipófila-hidrófila estabiliza la emulsión (Fenaille *et al.*, 2006).

2.8.2.4. Sales minerales de la leche

Este componente de la leche de vaca es de 7 g/L, las más importantes son el fosfato de calcio y el cloruro de potasio. El 90% del fósforo (P) y el calcio (Ca) están en las micelas de caseína formando parte de la estructura micelar. El 10% restante se encuentra en el suero. Así también se encuentran oligoelementos tales como: zinc, aluminio y hierro (Konrad & Kleinschmidt, 2008).

2.8.2.5. Vitaminas de la leche

De este componente podemos hablar que son las que proceden de la alimentación de la vaca y las que proceden de las bacterias del rumen. La leche producida en verano es la que contiene mayor riqueza vitamínica, entre las que se encuentran.

- a. Vitaminas liposolubles presentes en la crema.
- b. Vitaminas hidrosolubles, éstas se concentran en el suero, las de mayor importancia son: vitamina **B2** (Riboflavina), **B12** (Cianocobalamina) y vitamina **A** y con un aporte intermedio de vitamina **C**, **B1**, (tiamina), **B6** (piridoxina) y es pobre en vitamina **D**, **K**, niacina y tocoferoles (vitamina E) (Konrad & Kleinschmidt, 2008).

2.9. SUERO DE LECHE

El Suero de la Leche es un producto muy contaminante generado durante el proceso de elaboración del queso, al separar este de la leche que se cuaja, y constituye un grave problema para el sector lácteo. La gran cantidad de materia orgánica que posee el suero hace que, en caso de desecharse en un curso de agua, se genere una alta contaminación. "Aumenta mucho la demanda biológica de oxígeno, porque hay un crecimiento no balanceado de ciertas bacterias que van a tratar de consumir esa materia orgánica, lo que genera un desequilibrio de oxígeno disuelto en el medio y por lo tanto, los peces no tienen este vital elemento para respirar y mueren" (Grassell *et al.*, 2008).

Es este un efluente industrial rico en proteínas (6 g de proteínas por cada litro). Sus proteínas son muy valiosas para la industria alimentaria y farmacéutica. Puesto que la producción de quesos a nivel mundial origina grandes cantidades de proteínas de suero (Grassell *et al.*, 2008).

A pesar de que la proteína del suero es de mejor calidad que la caseína, actualmente este efluente es desechado o a veces transferido para el consumo de cerdos, desperdiciando así el alto valor nutricional de su proteína (Domínguez, 2007).

- La caseína representa el 78% de la proteína de la leche, según indica (Domínguez, 2007).
- Es ligeramente deficiente en los aminoácidos azufrados (metionina y cisteína); mientras que las proteínas del suero, que representan un 17 % del total de la proteína de la leche, poseen mayor cantidad de estos aminoácidos.
- Por lo cual su valor biológico es de 1.0, superior al 0.8 de la caseína y comparable con el valor biológico de la proteína del huevo que es de 1.0 (Domínguez, 2007).

Desde el punto de vista industrial, las proteínas del suero se pueden obtener utilizando diversas técnicas las cuales son.

- Ósmosis inversa.
- Nanofiltración
- Ultrafiltración
- Electrodiálisis
- Intercambio iónico (resinas)
- Precipitación (*Grassell et al., 2008*).

De acuerdo con el procedimiento utilizado, se obtiene un producto concentrado entre 75 – 90% de proteína de suero de leche.

2.9.1. Proteínas de suero

Son proteínas globulares solubles en agua, no coagulables que son separadas de la cuajada, de forma manual o mecánica y representan el 20 % de las proteínas presentes en la leche; entre ellas se encuentran lactoalbúminas, lactoglobulinas, inmunoglobulinas, lactoferrina, proteasa-peptonas y lacto peróxidos, las cuales permanecen en el suero tras la acidificación de la leche a pH = 4.6 ó por la acción del cuajo; no interviniendo en la formación de la cuajada, razón por la que también se les denomina proteínas séricas (*Carrillo, 2005*).

Las proteínas obtenidas del suero de la leche, después de precipitar la caseína, tienen propiedades hidratantes y emulsificantes mejores que en la leche.

Sus principales propiedades son.

- Emulsificantes muy efectivas
- Solubles a pH bajos.
- Apropriadas en productos acidificados.
- Buena capacidad de gelatinización.
- Aumentan la viscosidad y termolabilidad y precipitando progresivamente con los tratamientos térmicos (*Marcelo & Rizvi, 2008*).

El suero más útil para obtener proteínas es aquel procedente de la coagulación de la caseína con enzimas (renina), se le conoce con el nombre de suero “**dulce**”, en cambio las obtenidas del suero “**ácido**” son de baja calidad (*Grassell et al., 2008*).

Tabla 19: Composición del suero de queserías

Componente	CONCENTRACIÓN % PESO	
	suero dulce	suero ácido
Agua	93	93
Grasa	0.3	0.1
Proteína	0.8	0.6
Lactosa	4.9	4.3
Ceniza	0.56	0.46
Ácido láctico	0.2 – 0.3	0.7 – 0.8

Fuente: (Londoño, 2006)

2.9.1.1. Composición relativa de la leche entera y del suero

Tabla 20: Composición de la leche entera y del suero

Composición de la leche/suero		
	Leche %	Suero %
Grasa	3,30	0,05
Proteína	3,34	0,60
Caseína	2,70	0,003
Proteína sérica	0,64	0,60
NPN	0,16	0,18
Lactosa	4,60	4,60
Ceniza	0,75	0,60
Sólidos totales	12,15	6,03

Fuente: (Londoño, 2006)

2.9.1.2. Clasificación de las proteínas de suero

- a) **Albuminas:** Son el 75% de las proteínas del suero y el 11% de las proteínas totales, solubles en presencia de Na₂SO₄ al 20%.
- b) **Globulinas:** 10–12% de las proteínas solubles.
- c) **Proteosas – Peptonas:** son el 10 % de las proteínas solubles.
- d) **Lactoferrina – Sérica:** Estas proteínas no sólo juegan un importante **papel nutritivo**, con una rica y balanceada fuente de aminoácidos, sino que además, en muchos casos, parecen ejercer determinados **efectos biológicos y fisiológicos**, *in vivo*. Otra principal actividad a destacar, es su actividad anticancerosa, teniendo un papel estimulador de la respuesta inmune, tanto humoral como celular. Estas proteínas están implicadas en un gran número de efectos biológicos, observados en estudios en animales y humanos. Esta también parece tener actividad antibacteriana, antiviral, fungicida, antiinflamatoria, antioxidante e inmunomoduladora (Regalado et al., 2005).

Tabla 21: Efecto funcional de las proteínas séricas

PROTEINA	EFEECTO FUNCIONAL
Proteína del Suero Total	Anticancerígeno, inmunoestimulador, longevidad, hipocolesterol.
β -lactoglobulina	Función digestiva, sustrato común para trabajos enzimáticos y estudios referentes al enlace de los iones a las proteínas y su desnaturalización.
α -Lactoalbúmina	Anticancerígeno
Lactoferrina	Antimicrobiano, transporte y regulación del Fe, inmunoestimulador, antiinflamatorio, crecimiento y proliferación celular y anticancerígeno
Inmunoglobulinas	Inmunidad pasiva
Séricas	Diferenciación y crecimiento celular, reparación y protección de la mucosa intestinal y reparación de lesiones.

Fuente: (Armstrong, 2008)

2.10. EVALUACIÓN SENSORIAL

Las características físicas y químicas de los alimentos causan estímulos sobre los órganos de los sentidos haciendo posible la percepción de impresiones visuales, gustativas, olfativas, táctiles y auditivas que hacen que el individuo acepte o rechace un alimento. Esta aceptación o rechazo es susceptible de ser medida con la ayuda de diferentes pruebas sensoriales (Villarreal et al., 2005).

Finalmente la aceptabilidad de un producto procesado o desarrollado será aprobado por un juez final: el consumidor. La evaluación sensorial es una disciplina científica que permite definir, medir, analizar e interpretar las características de un producto, utilizando para este propósito los órganos de los sentidos bajo la consideración de que no existe ningún instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana. (Villarreal, et. al., 2005). Surge como disciplina para medir la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (Hernandez, 2005).

Existen tres tipos de pruebas sensoriales, las cuales se aplican de acuerdo al objetivo o aspecto que se quiere evaluar en el alimento o preparación como se muestra en el Cuadro 22 (Basualdo, 2005).

Tabla 22: Clasificación de pruebas sensoriales

CLASIFICACIÓN	OBJETIVO	TIPO DE PRUEBA	CARACTERÍSTICAS DE PANELISTAS
Discriminación	Determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial, orientados al método usado, algunas veces entrenados.
Descriptiva	Determinar la naturaleza de las diferencias sensoriales.	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial, orientados al método usado, algunas veces entrenados.
Afectiva	Determinar la aceptabilidad de consumo de un producto.	Hedónica	Reclutados por uso del producto, no entrenados.

Fuente: (Basualdo, 2005)

Entre dichas características se puede mencionar lo siguiente (Basualdo, 2005).

2.10.1. Apariencia: Color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.

2.10.2. Olor: Los miles de compuestos volátiles que constituyen el aroma.

2.10.3. Gusto: Dulce, amargo, salado y ácido (posiblemente también metálico, astringente y otros).

2.10.4. Textura: Las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosidad entre otros (González et al., 2005).

2.11. EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL

El estado de madurez en cosecha tiene un efecto muy significativo en la mayor o menor aceptación por parte del consumidor de fruta, tanto en el momento de la recolección como después de la conservación en frío (Barrios, 2007).

Diversas investigaciones han constatado una mayor o menor puntuación de los atributos sensoriales en frutas (aceptación general, firmeza, crocancia, harinosidad jugosidad, acidez, dulzor y aroma) a la salida de diferentes periodos de almacenamiento, en función de diferentes fechas de recolección de las mismas. (Barrios, 2007).

En general la aceptación disminuye con estados de madurez demasiado avanzados. La percepción del dulzor es mayor a medida que avanza el estado de madurez, al contrario de lo que ocurriría con la percepción de acidez, firmeza y crocancia, que se mantienen más elevadas en estados más precoces (Barrios, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente Proyecto de investigación fue ejecutado en la ciudad de Puno, entre los meses de 11 de noviembre del 2013 al 10 de enero del 2014, la parte operativa experimental se desarrolló en los laboratorios de.

- Elaboración del Recubrimiento Comestible : Lab. Post Cosecha.
- Evaluación de propiedades Físicoquímicas : Lab. Post. Cosecha.
- Evaluación de Análisis Sensorial : Lab. Pastas y Harinas.

Laboratorios que pertenecen a la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materia Prima

Se trabajó con Chirimoya (*Annona cherimola*) de la variedad Cumbe, Fresa (*Fragaria vesca*) variedad Chandler y Pera (*Pyrus communis*) variedad Packam Procedentes de Moquegua, Arequipa y Lima, respectivamente.

3.2.2. Insumos

- Glicerol (Procedente del Instituto Bioquímico ERZA S.A.C. Lima - Perú) al 95% de pureza.
- Cera de Abeja (laminada) (Pflücker e Hijos S.A). Lima.
- Lecitina de Soya (Solgar S.A.C. Lima - Perú).
- Aislado de Proteína de Suero de queso (Montana S.A. Lima - Perú) al 90% de pureza.

3.2.3. Equipos

- 01 Balanza Analítica METILER BASBAL 1 – 2000g
- 01 Sistema de Adquisición de datos Modelo NOVUS
- 01 PC Pentium IV
- 02 Termocuplas tipo K
- 01 Sensor de CO₂ modelo DT222
- 01 SOFTWARE de adquisición de datos modelo Labviews Versión 2007
- 01 Transformador de 10 Voltios

- 03 Cabinas de Análisis Sensorial
- 03 Agitadores Magnéticos ROBAX de 1600 rpm y 400°C
- 01 Compresor de 300 PSI
- 01 Estufa TERMO SCIENTIFIC de 0°C a 250°C
- 01 Licuadora OSTER de 200 ml.
- 01 Refractómetro de 0 a 30°Brix.
- 01 pH-metro Digital METROHM
- 01 Termómetro de - 20°C a 150°C de Mercurio
- 01 Texturómetro GY-1 de Capacidad 15x10⁵Pa
- 01 Texturómetro GY-2 de Capacidad 4x10⁵Pa
- 01 Texturómetro FORCE DIAL FDK 160 de Capacidad 5 Klf x 50 gf.
- 01 Equipo de Titulación de acidez
- 01 Andamio metálico

3.2.4. Materiales de Laboratorio

- 01 Pipetas 10ml de Capacidad
- 01 Probeta 50 ml
- 03 Erlenmeyer de 200 ml. (Pirex)
- 02 Erlenmeyer de 80 ml de capacidad
- 02 Vasos de Precipitado de 80 ml
- 06 Placas Petri
- 03 Cucharillas metálicas
- 01 Cocina Eléctrica
- 01 Mortero
- 03 Cubetas de Plástico
- 02 Pinceles
- 02 Cuchillo de Acero Inoxidable de 20 cm
- 01 Tabla de Picar
- 01 Ciento de Platos pequeños de Tecnopor
- 01 Ciento de Vasos pequeños de Tecnopor
- 01 Ciento de Mondadientes

3.2.5. Ácidos y Reactivos

- Hidróxido de Sodio 0.1N (NaOH)
- Hipoclorito de Sodio (NaClO)
- Fenolftaleína 0.1%
- Agua Destilada

- Indicador de pH

3.3. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para la obtención del Recubrimiento Biodegradable es el siguiente:

3.3.1. Descripción del proceso de obtención del recubrimiento biodegradable comestible

- **Materia prima:** Se utilizó Aislado de Proteína de Suero de queso al 90% de pureza, procedente de la Ciudad de Lima
- **Recepción:** En este proceso se recepciona la materia prima a utilizar, en este caso El Aislado de Proteína de Suero de queso, es un punto de control en donde deben realizarse verificaciones inmediatas de la calidad tales como Fecha de Producción, Fecha de vencimiento, Pureza, certificación de calidad.
- **Formulación:** Los films fueron preparados a partir de soluciones de aislado de proteína de suero en agua destilada utilizando como plastificante glicerol. Se prepararon soluciones de 8%, 10% de Aislado de Proteína de Suero, y a esta se le incorporó el plastificante de Glicerol en porcentajes de (4 y 6) %, para la hidrofobicidad se le agregó 1% de cera de abeja y 1% de lecitina de soya como emulsionante.
- **Disolución:** Se Disolvió por cada 100 ml de agua destilada la formulación indicada anteriormente, que para fines prácticos el Aislado de Proteína de Suero es conseguido en la Ciudad de Lima en forma de polvo.
- **Calentamiento:** Se calentó los 100 ml de agua destilada y luego se disolvió el Aislado de Proteína de Suero aproximadamente por 10 min. a fin de dispersar las proteínas del suero en la solución y obtener una mezcla homogénea.
- **Adición de insumos:** En esta etapa del proceso a T° de 70°C ya es posible incorporar los diferentes componentes que brindan las propiedades necesarias del Recubrimiento, tales como el Glicerol que otorga plasticidad y de Cera de Abeja para la hidrofobicidad según la Formulación indicada anteriormente.
- **Homogenización:** Se mezclaron de manera homogénea todos los insumos y componentes que brindan características necesarias al Recubrimiento por 10 min.

- **Enfriamiento:** Finalmente se disminuyó la temperatura de la solución hasta los 25°C con la finalidad de que la sustancia tome una consistencia viscosa, homogénea y transparente.

Figura 03: DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL RECUBRIMIENTO BIODEGRADABLE



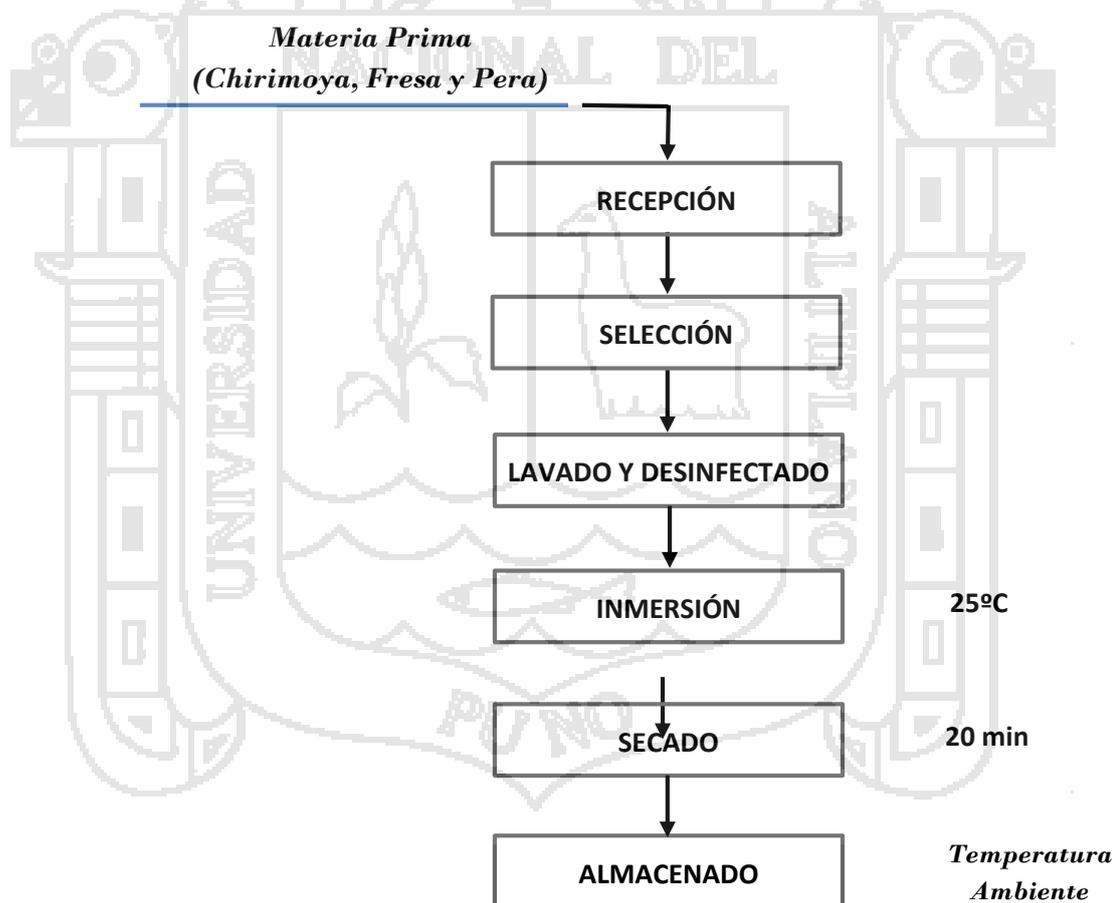
Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Aplicación de recubrimiento comestible

- **Materia prima:** Se trabajó con Chirimoya (*Annona cherimola*) Fresa (*Fragaria vesca*) y Pera (*Pyrus communis*). Procedentes de Moquegua, Arequipa y Lima, respectivamente.
- **Selección:** Para contar con lotes homogéneos las frutas han sido seleccionadas en base a las características físicas de tamaño, peso y color, se eliminaron aquellas que presentaron lesiones mecánicas y se aceptaron las de apariencia firme y de colores homogéneos, así como un olor característico.
- **Lavado y desinfectado:** Las frutas fueron lavadas y desinfectadas en una solución de NaClO (200 ppm) durante 30 seg.

- **Inmersión:** Para la aplicación del recubrimiento comestible, se realizó por inmersión, en las condiciones de concentración de aislado de proteína de suero y concentración de Glicerol, a 25°C.
- **Secado:** Para facilitar el secado se realizó con la ayuda de un compresor aproximadamente por 20 min.
- **Almacenado:** Finalmente fueron almacenadas a temperatura ambiente por aproximadamente 15 a 30 días. Durante el almacenamiento se evaluaron los parámetros de calidad, Pérdida de Peso, firmeza, sólidos solubles, acidez, pH e índice de respiración.

Figura 04: DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO BIODEGRADABLE



Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Determinación de pérdida de peso (%PP)

Las pérdidas de peso (%PP) se determinaron por gravimetría mediante la diferencia entre pesos tomando como base el peso inicial (P_i) menos el peso del fruto al final del almacenamiento y expresando los resultados como porcentaje de pérdida de peso (%) mediante la siguiente ecuación: (AOAC, 1990).

$$\% PP = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \times 100$$

b) Determinación de firmeza (Kg/cm^2)

La firmeza de las frutas se determinó empleando un texturómetro manual:

- Modelo GY-2 de Capacidad $4 \times 10^5 \text{Pa}$. - para la chirimoya.
- Modelo GY-1 de Capacidad $15 \times 10^5 \text{Pa}$. - para la pera.
- Modelo FDF de Capacidad 5 Klf x 50 gf. - para la fresa

Se midió la fuerza máxima introduciendo un cilindro metálico sobre una de las caras en la zona media de cada fruto. Las determinaciones fueron realizadas sobre sectores opuestos en la zona ecuatorial de las frutas sin cascara. Los resultados se expresaron en Kg/cm^2 .

c) Determinación de la acidez titulable (%)

Para la determinación de la acidez titulable se pesaron 10 g de pulpa y se homogenizan con 100 ml de agua destilada empleando Hidroxido de Sodio (NaOH) 0,1N. Los resultados se expresaron en porcentaje del ácido predominante de cada fruta (AOAC, 1990).

d) Determinación de pH

Se midió el pH con un potenciómetro digital marca METROHM, la medida se realizó introduciendo el potenciómetro en la fruta. (AOAC, 1990).

e) Determinación de sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles se determinó por lectura directa colocando una gota del jugo del fruto sobre el prisma de medición mediante un refractómetro

de mano en la escala (0-32%) a 20°C. Los resultados se expresaron en °Brix. (AOAC, 1990).

f) Determinación de índice de respiración

El índice de respiración se determinó mediante un Sistema automatizado de respiración de frutas. El monitoreo y adquisición de datos de T° durante el almacenamiento de las Chirimoyas, Pera y Fresa se hicieron con sensores de CO_2 , O_2 , para lo cual se utilizó un Sistema automatizado de respiración de frutas que fue desarrollado e implementado para el registro y verificación de datos en tiempo real con una tarjeta de adquisición de datos con interfaz al SOFTWARE Labviews Versión 2007, la arquitectura del programa sirve para visualizar el consumo y producción de CO_2 , O_2 , cuyos datos se registran en el programa y pueden ser recuperados en un archivo de hoja electrónica de Excel. Los resultados están expresados como mg de CO_2 /kg/h.

g) Análisis sensorial

Se realizó en el laboratorio de Pastas y Harinas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano, mediante un análisis de aceptabilidad para determinar si el panel distinguía diferencias significativas entre la muestra Testigo y el mejor tratamiento.

Se efectuó el análisis sensorial para el mejor tratamiento con Recubrimiento Comestible de cada tipo de fruta (Fresa, Chirimoya y Pera de agua) comparado cada uno de ellos con su respectivo tratamiento Testigo sin Recubrimientos Comestible, con la finalidad de determinar el mejor tratamiento aceptado por los panelistas.

Dichos tratamientos fueron evaluados en los días (etapa de calidad comercial), por un panel no capacitado compuesto por 20 personas con hábitos de consumo de productos frutícolas.

A cada panelista se le entregó una hoja de evaluación con una escala hedónica de tres puntos para los siguientes atributos: Olor, sabor, textura, color y apariencia general. Se le proporcionó a cada panelista dos muestras, la muestra patrón y la muestra con el mejor tratamiento (Liria, 2007).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa estadístico SPSS, se aplicó un análisis de varianza (ANVA) para establecer si existía diferencia significativa entre las medias, se realizaron pruebas de rango múltiple (Duncan), utilizando $P < 0.01$.

Para la obtención de un Recubrimiento Biodegradable, el presente proyecto de investigación se llevará a cabo de acuerdo al Diseño Bloque Completo al Azar con Arreglo Factorial 2^2 con variables de estudio de % de suero y % de glicerol, y un valor constante para la cera de abeja, en el cual se llevará a cabo un estudio de 4 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, lo que hacen un estudio de 12 tratamientos.

ETAPA I: Determinar la formulación adecuada para el Recubrimiento Biodegradable a base de Aislado de Proteína de Suero, con los diferentes parámetros de Aislado de Proteína de Suero y glicerol.

ETAPA II: Determinar las propiedades fisicoquímicas (Pérdida de Peso, firmeza, sólidos solubles, acidez, pH e índice de respiración), de la chirimoya, fresa, pera; con y sin recubrimiento,

ETAPA III: Realizar un análisis sensorial para determinar el mejor tratamiento.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizará de acuerdo al Diseño Completo al Azar con Arreglo Factorial de 2^2 , con el modelo estadístico de segundo orden, 2 variables con dos niveles cada uno, para la obtención del Recubrimiento Biodegradable con porcentajes de suero, porcentaje de glicerol y valor constante para la cera de abeja.

3.6. MODELO ESTADÍSTICO

3.6.1. Evaluación del tipo de tratamiento mediante las propiedades fisicoquímicas de las frutas

El modelo estadístico para el Diseño Completo al Azar con Arreglo Factorial 2^2 se denota considerando el efecto individual de cada factor y de la interacción entre ambos, como se presenta a continuación.

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde.

i, j : # de niveles por cada variable

k : # de repeticiones o replicas

u : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones

α_i : Efecto del i -ésimo nivel en del factor A

β_j : Efecto del j -ésimo nivel en del factor B

$\alpha\beta_{ij}$: Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A, con el j -ésimo nivel del factor B.

e_{ijk} : Efecto del error experimental.

3.7. VARIABLES EN ESTUDIO

- % de Suero. (8, 10)%
- % de Glicerol (4 y 6)%
- Chirimoya c/s Recubrimiento
- Fresa c/s Recubrimiento
- Pera c/s Recubrimiento

3.7.1. Relación porcentual en aislado de proteína de suero: glicerol

- Aislado de proteína de suero 10 % : Glicerol 6% : Cera de Abeja 1% → (T1)
- Aislado de proteína de suero 10 % : Glicerol 4% : Cera de Abeja 1% → (T2)
- Aislado de proteína de suero 8 % : Glicerol 6% : Cera de Abeja 1% → (T3)
- Aislado de proteína de suero 8 % : Glicerol 4% : Cera de Abeja 1% → (T4)
- Aislado de proteína de suero 0 % : Glicerol 0 % : Cera de Abeja 0% → Testigo

En el cuadro N° 24, se presenta la distribución de tratamientos por cada variable de respuesta para el análisis estadístico.

Tabla N° 23: Distribución de tratamientos

FRESA						
Días	Rep.	Pérdida de Peso (Tratamientos)				
		10,6	10,4	8,6	8,4	Patron
1°	1°					
	2°					
	3°					
2°	1°					
	2°					
	3°					
3°	1°					
	2°					
	3°					

3.8. VARIABLES DE RESPUESTA

- Pérdida de Peso (%PP).
- Firmeza. (Kg/cm²).
- Sólidos solubles. (°Brix).
- Acidez (%).
- pH.
- Índice de Respiración. mg de CO₂/kg/h.
- Características Organolépticas.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE – FRESA

4.1.1. Efecto del recubrimiento comestible en las características fisicoquímicas de la fresa

4.1.1.1. Pérdida de peso

El análisis estadístico muestra la incidencia del factor de pérdida de peso para los diferentes tratamientos en relación con el tiempo a un nivel de confianza del 99%.

Tabla 24: Análisis de Varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la fresa

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	149,427	4	37,357	4,169	**
Días	4565,113	3	1521,704	169,835	**
Error	107,519	12	8,960		
Total	12804,015	20			

En la Tabla 24, se observa el análisis de varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la fresa a los 5 días de almacenamiento, en donde se observa que existen diferencias altamente significativas para tratamientos y tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 25: Prueba de comparación múltiple de Duncan para la pérdida de peso según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

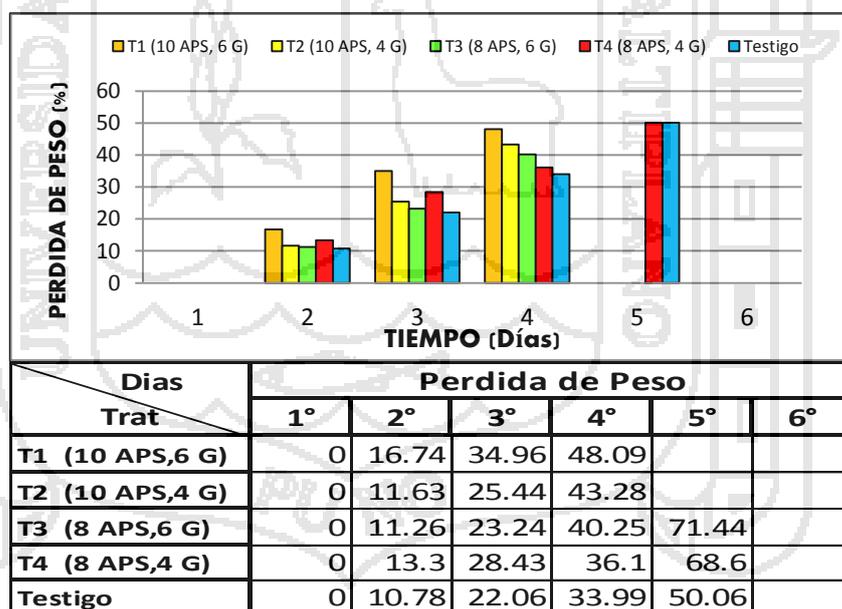
Tratamientos	Media	
Testigo	16,70751 ± 0.7483	a
T3 (8,6)	18,68700 ± 0.7853	ab
T4 (8,4)	19,45698 ± 1.3706	ab
T2 (10,4)	20,08669 ± 1.1396	ab
T1 (10,6)	24,94898 ± 1.0476	b

En la Tabla 25 se presenta la prueba de comparación de Duncan para la pérdida de peso de la fresa, en donde se distingue que los tratamientos Testigo (16.71%), T3 (16.68%), T4 (19.46%) y T2 (20.09%) tienen valores de pérdida de peso similares, de igual manera los tratamientos T3 (16.68%), T4 (19.46%) T2 (20.09%), T1 (24.95). Se observa también que el Tratamiento T1, presenta mayor pérdida de peso (24.95%) que el Testigo (16.71%), por lo tanto se determina que el Tratamiento testigo es estadísticamente menor en pérdida de peso comparado con el tratamientos T1; ya que tuvo mayor retención de agua con respecto a los Tratamientos con recubrimiento comestible.

Estos resultados se deben a que altas cantidades de aislado de proteína de suero desarrollaron recubrimientos de gran volumen y poco flexible, causando daños mecánicos en la fresa y acelerando su deterioro, Así también lo indica Maftoonazad & Ramaswamy, (2005).quien dice que “El espesor de la barrera y la permeabilidad a la humedad son factores importantes en un recubrimiento comestible. Por otro lado la fresa es un fruto con piel delgada, con poca resistencia mecánica y debido a su fina piel no poseen una buena barrera exterior con que retener agua; así lo indica Pedraza (2006) “la fresa es una fruta con una elevada tasa respiratoria a temperatura ambiente, haciéndolo una fruta muy perecedera por la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales”.

Asi mismo los tratamientos T3 y T4 con menor cantidad de Aislado de Proteína de Suero, mejoró ligeramente las propiedades del recubrimiento debido a una mejor interacción entre el Aislado de Proteína y el glicerol, lo que pudo mejorar la integridad y la flexibilidad del recubrimiento, evitando la formación de microfracturas.

Figura 05: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la pérdida de Peso de la fresa en relación al tiempo



En la Figura 05, se muestran el porcentaje de pérdida de peso por cada día de almacenamiento, mediante el cual se determinó que los frutos de la fresa tuvieron mayor porcentaje de pérdida de peso a los 4 días de almacenamiento con el Tratamiento T1 con 48.1% y la menor perdida se registró con el tratamiento testigo con 34% de pérdida de peso.

Asimismo, se observa también que los tratamientos T3, T4 y Testigo, tuvieron un día más de vida útil, a diferencia de los demás tratamientos que tuvieron que ser desechadas en quinto día de análisis.

Con base a lo anterior, observamos que la deshidratación de frutas se aceleró notablemente y por consecuencia la pérdida de peso se incrementó hasta el 71.4% para las fresas con recubrimiento, con respecto a las fresas testigo lo que ocasionó una mayor pérdida de la firmeza y acorto su tiempo de almacenamiento con deshidratación de hasta el 100%.

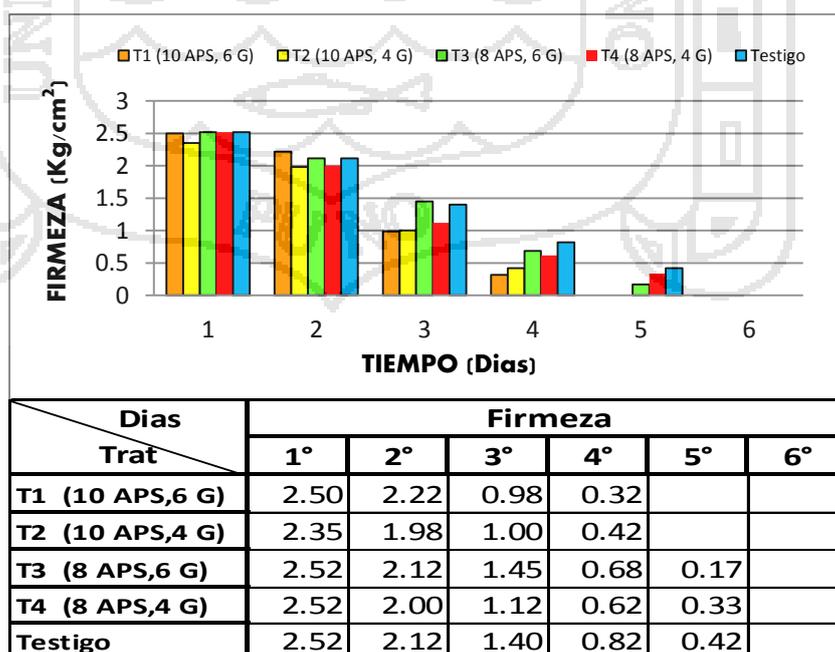
4.1.1.2. Firmeza

En el Tabla 26, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la firmeza de la fresa a los 5 días de almacenamiento, en donde se observa que no hay diferencias significativas para los tratamientos, pero si existe diferencias altamente significativas para el factor tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 26: Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza de la fresa

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	,226	4	,056	3,520	n.s.
Días	11,195	3	3,732	233,016	**
Error	,192	12	,016		
Total	61,646	19			

Figura 06: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la firmeza de la fresa en relación al tiempo



En el Figura 06, se presenta la variación de la firmeza durante los 5 días de almacenamiento, en donde se observa que las fresas registraron datos de menor firmeza a los 4 días de almacenamiento con el Tratamiento T1 con 0.32 Kg/cm². Y la firmeza lo registró el Testigo con 0.82 Kg/cm².

Así mismo al quinto día de almacenamiento, los tratamientos T1 y T2, no han podido ser analizados debido a lo avanzado del estado de descomposición de la fresas y sin la textura suficiente para lograr que el penetrómetro registre algún dato.

Estos resultados se deben a que la pérdida de peso va acompañado de la pérdida de humedad y por consiguiente también la textura, generando cambios negativos en la calidad de las fresas. Así también lo indica Carrillo (2005) "En la mayoría de los frutos pérdidas del 3-5 % del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial".

Así mismo la influencia de la concentración del Aislado de Proteína de Suero en la pérdida de la firmeza se atribuye a lo descrito por Ciro, (2007), que considera que un polímero de cadena lineal muy compacto forma un recubrimiento de baja funcionalidad, mientras que un polímero con un número adecuado de ramificaciones incrementa el nivel de cohesividad de los recubrimientos. Este efecto repercute en la funcionalidad de los recubrimientos al inducir la formación de estructuras resistentes.

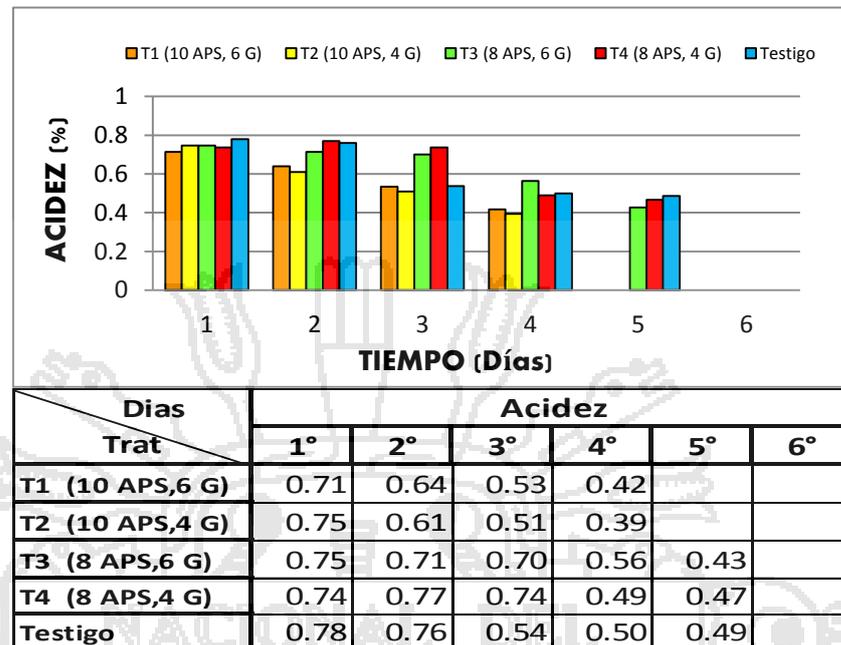
4.1.1.3. Acidez

En la Tabla 27, se observa el análisis de varianza (ANVA) para la acidez de la fresa a los 5 días de almacenamiento, en donde observamos que no existen diferencias significativas para los tratamientos y el factor tiempo (días).

Tabla 27: Análisis de Varianza (ANVA) para la acidez de la fresa

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	,051	4	,013	4,336	n.s.
Días	,217	3	,072	24,483	n.s.
Error	,035	12	,003		
Total	8,237	19			

Figura 07: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la acidez de la fresa en relación al tiempo



En el Figura 07, se presenta la variación de la acidez durante los días de almacenamiento, en donde se observa que existe una ligera disminución de la acidez titulable, debido al cambio del contenido de ácidos orgánicos en los frutos, pero no se observó un efecto por los tratamientos ya que todos los frutos presentaron este comportamiento, confirmando a las fresas con recubrimientos el mismo sabor del grupo control, por lo tanto no presentan diferencias significativas por la concentración de Aislado de proteína de Suero ni del Glicerol a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Holcroft & Kader (2006), indica que para la venta y comercialización de fresas en condiciones óptimas, se recomienda un valor máximo del 0,8 %. Mitcham (2010), indica un valor de 0.6%, sin embargo, en este experimento a pesar que la fresas cumplen con estos parámetros, todas las muestras debieron ser desechadas por descomposición de la fruta al final del almacenamiento. Asimismo observamos también que los tratamientos T3, T4 y T5; se deterioraron al quinto día a diferencia de lo tratamientos T1 y T2 que fueron desechadas al cuarto día.

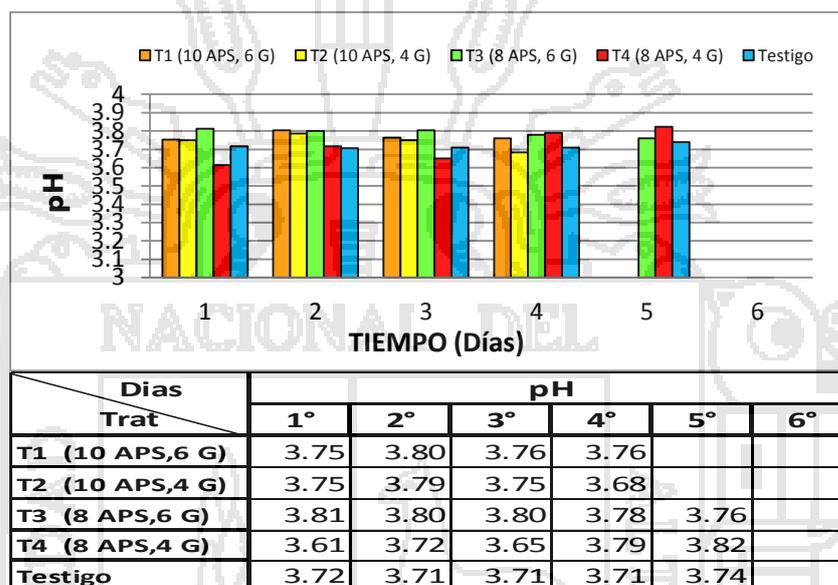
4.1.1.4. pH

En la Tabla 28, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para el pH de la fresa a los 5 días de almacenamiento, en donde observamos que no existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 28: Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la fresa

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	,030	4	,007	3,944	n.s.
Días	,003	3	,001	,559	n.s.
Error	,023	12	,002		
Total	280,257	19			

Figura 08: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el pH de la fresa en relación al tiempo



En la Figura 08, se observa que durante los días de almacenamiento existe una ligera disminución de los valores de pH, sin embargo tampoco se observó efecto del recubrimiento sobre la evolución del pH, ya que todos los frutos presentaron este comportamiento, confiriendo a las fresas con recubrimiento el mismo sabor del grupo control, por lo tanto no presentan diferencias significativas por la concentración de Aislado de proteína de Suero ni del Glicerol a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Estos resultados se asemejan a los mencionados por García et al. (1998) que indica que “el pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo postcosecha de la fresa. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como la temperatura, aumento de CO₂” Tal como ocurrió en este experimento.

por lo tanto no existe un mejor tratamiento debido a que todos los tratamientos oscilan entre (3.6 y 3.8) de pH promedio, considerado como un promedio de pH normal y dentro de los parámetros tal como lo indica (Mitcham, 2010)

4.1.1.5. Sólidos solubles

Tabla 29: Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la Fresa

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	32,647	4	8,162	4,939	**
Días	61,211	3	20,404	12,347	**
Error	19,831	12	1,653		
Total	5825,889	19			

En la Tabla 29, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la fresa durante los 5 días de almacenamiento, en donde observamos que existen diferencias altamente significativas para tratamientos y tiempo (días) de análisis.

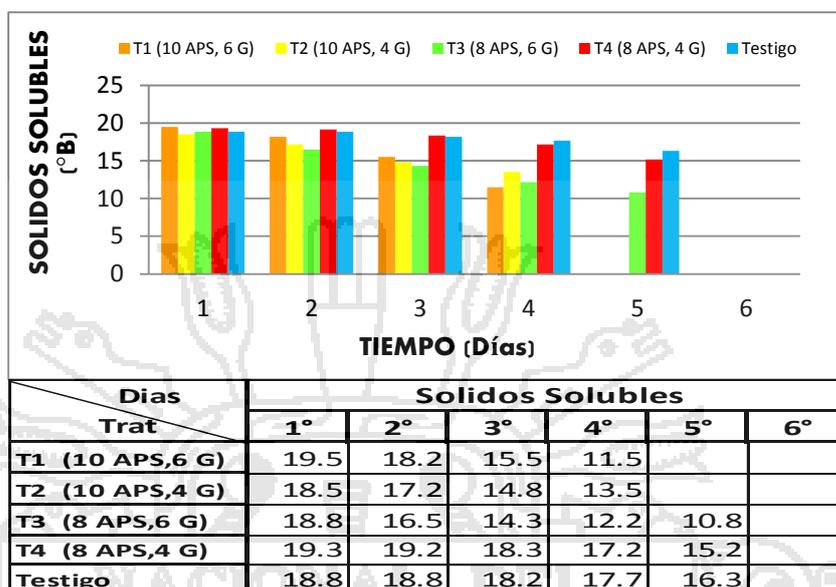
Tabla 30: Prueba de comparación múltiple Duncan para los sólidos solubles según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

Tratamientos	Media	
T3 (8,6)	15,45833 ± 2,86	a
T2 (10,4)	16,00000 ± 2,25	ab
T1 (10,6)	16,16667 ± 3,53	ab
Testigo	18,37500 ± 0,57	ab
T4 (8,4)	18,50000 ± 0,99	b

En la tabla 30 se presenta la prueba de comparación de Duncan, donde se distingue que los tratamientos T3 (15.4°B), T2(16°B), T1(16.6°B) y Testigo(18.7°B) tienen valores de °Brix similares, es decir no existe diferencia significativa entre ellos. Se observa también que el Tratamiento T3 (15.4°B), es significativamente diferente al tratamiento T4(18.5°B), siendo este el que mayor retención de sólidos solubles tuvo al quinto día de almacenamiento.

García & Vicente, (2008) indica que *“los sólidos solubles aumentan en forma gradual durante la maduración de la fruta debidos fundamentalmente a la acumulación de azúcares”*, sin embargo este proceso ocurre en el caso de las frutas climatéricas, que son aquellas capaces de seguir madurando incluso después de haber sido recolectado; a diferencia de las frutas no climatéricas que por el contrario, muestran una progresiva reducción de azúcares durante la senescencia debido a la invasión microbiana y fungosa que conducirá a la descomposición del producto, como ocurre con la fresa en este experimento; tal como lo indica (Pedraza, 2006).

Figura 09: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para los sólidos solubles de la fresa en relación al tiempo



En la Figura 09, se observa que durante los días de almacenamiento, los tratamientos (T4 y testigo) muestran una ligera disminución de los valores de sólidos solubles, a diferencia de los tratamientos (T1, T2 y T3), donde la disminución es mucho más notoria al último día de análisis. Lo que significa que el Testigo fue el que mostro un mejor comportamiento con respecto a los tratamientos con Recubrimiento, este comportamiento se debe a que “Las fresas tras su recolección continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizando como sustrato los azúcares resultantes de la hidrolisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto”, tal como lo indica (Pelayo et al., 2003).

4.1.1.6. Índice de Respiración

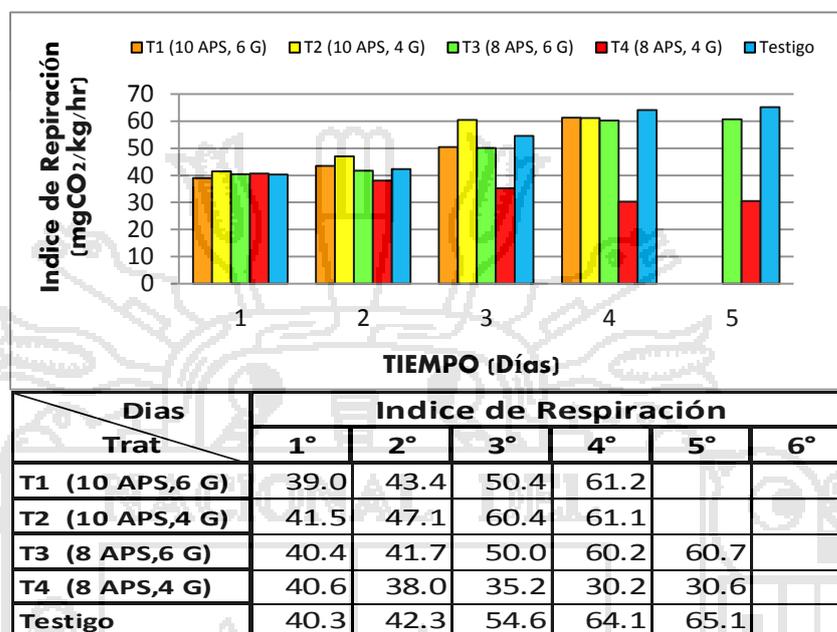
Tabla 31: Análisis de Varianza (ANVA) para el índice de respiración de la Fresa

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	662,342	4	165,586	3,744	n.s.
Días	721,110	3	240,370	5,435	n.s.
Error	530,716	12	44,226		
Total	46284,315	19			

En la Tabla 31, se observa el análisis de varianza (ANVA) para el índice de respiración de la fresa durante los 5 días de almacenamiento, en donde observamos

que no existen diferencias significativas para los diferentes tratamientos y tampoco para el tiempo (días) de almacenamiento.

Figura 10: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el índice de respiración de la fresa en relación al tiempo



En la Figura 10, se presenta la variación del índice de respiración de la fresa durante los 5 días de almacenamiento, al inicio fue aproximadamente de 40 mg CO₂/Kg/hr, para todos los tratamiento. Sin embargo a partir del segundo al cuarto día se presentó un descenso de respiración en el tratamiento T4, registrándose valores de (40.64 a 30.25) mg CO₂/Kg/hr, incrementándose ligeramente en el quinto día a 30.57 mg CO₂/Kg/hr. En tanto que para los demás tratamientos (T1, T2, T3 y T5) el valor de respiración mostraron un incremento de (39.01 a 65.1) mg CO₂/Kg/hr, del segundo al quinto día de almacenamiento.

A nivel general, se pudo observar que en los tratamientos **(T1 y T2)** con (10, 6)% y (10,4)% de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente, desarrollaron un recubrimiento compacto, con gran volumen y poco flexible; ocasionando que los recubrimientos en la fresas sufrieran resquebrajamiento, debido a que a mayor cantidad de aislado de proteína de suero genera un recubrimiento más concentrado y poco fluido, así también lo indica Maftoonazad & Ramaswamy, (2005).quien dice que “El espesor de la barrera y la permeabilidad a la humedad son factores importantes en un recubrimiento comestible”. Por consecuencia al estar el recubrimiento seco, no pudo adherirse completamente a la fresas, desprendiéndose al segundo día de haber sido recubiertas, esto se debió

también a que la fresa es un fruto con piel delgada, con una superficie poco uniforme y porosa, así también lo indica (Ciro, 2007) “Otros factores como la morfología de la piel del fruto (presencia de tricomas, grosor y tipo de cutícula, número de estomas y lenticelas) afectan la capacidad de un recubrimiento”; sumado a un recubrimiento con una formulación inadecuada que lo único que logro es dañar la superficie la fruta, haciéndolo muy susceptible al ataque microbiano sobre todo al del hongo *Botrytis cinérea*, así también lo indica (Pedraza, 2006). *“la fresa tiene poca resistencia mecánica y resulta ser muy propensa a sufrir magulladuras además de ser una fruta con una elevada tasa respiratoria a temperatura ambiente, haciéndolo una fruta muy perecedera por la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales.* Razón por la cual, al final del experimento (día 5) todas las fresas fueron descartadas.

A diferencia de los **tratamientos (T3 y T4) con (8, 6)% y (8,4)%** de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente, dichos tratamientos desarrollaron un recubrimiento más liviano y delgado ligeramente mejores a los tratamientos T1 y T2. Si bien, existió deshidratación al 100%, debido a que en la mayoría de los frutos pérdidas del 3-5 % del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial, tal como lo indica (Carrillo, 2005), por lo tanto, el recubrimiento no sirvió para controlar la permeabilidad a la humedad y vapor de agua, específicamente la cera de abeja, que fue incluida en la formulación para este propósito; sin embargo a pesar de ello en los Tratamientos (T3 y T4), se logró regular la permeabilidad al O₂ y CO₂, evitando por completo el desarrollo fúngico, sobre todo el hongo *Botrytis cinerea*, por ende no hubo pudrición alguna de las fresas al final del almacenamiento, convirtiéndose de esta manera en frutas deshidratadas comportamiento que no ocurrió con los tratamientos (T1 y T2). Esto se debió a que un recubrimiento a base de Aislado de proteína de suero y glicerol son excelentes barreras a dichos gases, aunque por ser altamente hidrofílicos, no son buenas barreras al vapor de agua”; tal como lo indica (Landeta & Tarazaga, 2010).

Así, mismo Galo, (2009) indica; “la cera de abeja en un recubrimiento comestible que controla la hidrofobicidad”, sin embargo en este estudio no tuvo este efecto; una posible razón para este comportamiento, lo indica también Galo (2009) “La cera en frutas afecta la fisiología del fruto, dependiendo a la variedad que se aplique, así también varía de acuerdo a la composición de la formulación, tipo de cera, etc”.

Por tanto al final del análisis se determina que los tratamientos T3 y T4 con menores porcentajes de aislado de proteína de suero y glicerol obtuvieron mejores

resultados, esto debido a que se obtuvo un recubrimiento más liviano y flexible capaz de adherirse notablemente a la fresa. Razón por la cual es posible obtener un recubrimiento adecuado para la fresa, siempre y cuando se reduzca los porcentajes de aislado de proteína de suero y glicerol. En cuanto al Testigo, este sufrió una leve deshidratación, con desarrollo de hongo y moho, presentando mayor porcentaje de pudrición y deterioro, consecuencia de su proceso normal de maduración y envejecimiento.

4.2. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE – CHIRIMOYA

4.2.1. Efecto del recubrimiento comestible en las características fisicoquímicas de la chirimoya

4.2.1.1. Pérdida de peso

Tabla 32: Análisis de varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la chirimoya

En el Tabla 32, se presenta el análisis de varianza para la Pérdida de Peso de la

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	29,026	4	7,257	4,617	**
Días	116,794	4	29,199	18,578	**
Error	25,147	16	1,572		
Total	367,886	24			

chirimoya a los 5 días de almacenamiento, el cual nos indica que existen diferencias altamente significativas para los tratamientos y tiempo (días) de almacenamiento.

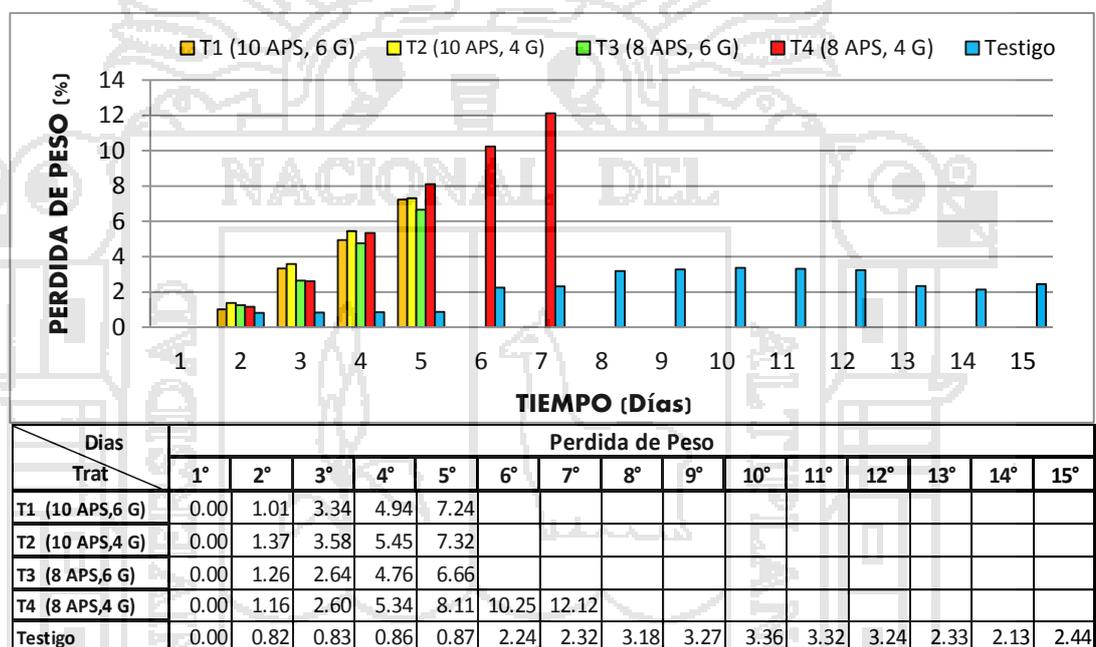
Tabla 33: Prueba de comparación múltiple Duncan para la pérdida de peso según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

Tratamientos	Media
Testigo	,67574 ± 0.5366 a
T3 (8,6)	3,06361 ± 1.3393 b
T1 (10,6)	3,30731 ± 1.4903 b
T4 (8,4)	3,44057 ± 1.6889 b
T2 (10,4)	3,54553 ± 1,3114 b

En la tabla 33 se presenta la prueba de comparación de Duncan para la pérdida de peso. Donde se distingue que los tratamientos T3 (3.06%), T1(3.31%), T4(3.44%) y T2(3.55%) tienen valores de pérdida de peso estadísticamente similares. Se observa también que el testigo, es altamente significativa con respecto a los tratamientos T3 (3.06%), T1(3.31%), T4(3.44%) y T2(3.55%), además de tener el menor porcentaje de pérdida de peso (0.68%) respecto a los demás tratamientos que oscilan entre (1.31 a 1.68)%.

Estos resultados se asemejan a lo indicado por Navarro & Maria (2007) “la disminución de la tasa respiratoria y el retraso de la madurez de los frutos se obtiene siempre y cuando el fruto se mantenga respirando en forma aeróbica” por lo tanto la falta de oxígeno y la falta de disponibilidad de aire, ocasionó que la respiración de las chirimoyas fueran sustituidas por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y el alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable promoviendo el envejecimiento prematuro tal como lo indica (Seller et al., 2010).

Figura 11: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la pérdida de peso de la chirimoya en relación al tiempo



En la Figura 11, se presenta el % de pérdida de peso durante los 5 días de almacenamiento, en donde se observa que el tratamiento testigo tuvo el menor porcentaje de pérdida de peso (0.873%) a comparación de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 que oscilan entre (6.56 a 8.11)% de pérdida de peso. Asimismo el testigo a temperatura ambiente alcanzó un tiempo de vida útil de 15 días con solo 2.4% de pérdida de peso, 8 días más que el tratamiento T4 y 10 días más que los tratamientos T1, T2 Y T3; los cuales perdieron completamente su calidad comercial, por consecuencia dichos tratamientos debieron ser desechados al 100%.

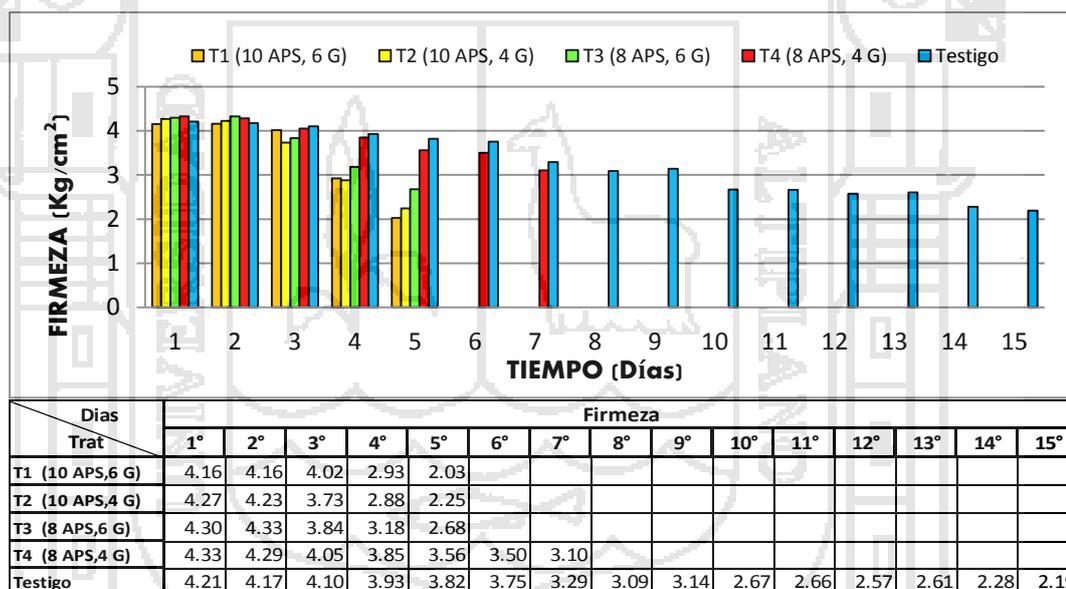
4.2.1.2. Firmeza

Tabla 34: Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza de la chirimoya

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	1,641	4	,410	3,232	n.s.
Días	7,306	4	1,826	14,390	**
Error	2,031	16	,127		
Total	358,999	25			

En el Tabla 34, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la firmeza de la chirimoya durante los 5 días de almacenamiento, el cual nos indica que no existen diferencias significativas para los diferentes tratamientos, sin embargo existe diferencia altamente significativa para el tiempo (días) de almacenamiento.

Figura 12: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la firmeza de la chirimoya en relación al tiempo



En la Figura 12, se determinó que los frutos de la chirimoya tuvieron menor firmeza a los 5 días de almacenamiento con el Tratamiento T1 con 2.03 Kg/cm². y la mayor firmeza se registró con el Tratamiento Testigo con 3.82 Kg/cm². Sin embargo a partir del sexto día los tratamientos T1, T2 y T3; perdieron completamente su apariencia general, por consecuencia su calidad comercial, internamente las chirimoyas sufrieron pardeamiento total de la pulpa, este comportamiento se debe a que la chirimoya tiene un alto contenido de una enzima llamada polifenoloxidasas, por lo que cuando la fruta sufre daños mecánicos como roces, desprendimiento de partes de la cáscara, magulladuras, rajaduras, etc., las células quedan en contacto

con el aire y por acción de la enzima mencionada, se dan reacciones de oxidación que hacen que el tejido de la cáscara y la pulpa se oscurezca, afectando la apariencia, tal como lo indica (Cerdas et al., 2007). Razón por la cual el tratamiento testigo tuvo un mejor comportamiento a comparación de los Tratamientos con Recubrimiento comestible, por tener un mejor tiempo de vida útil.

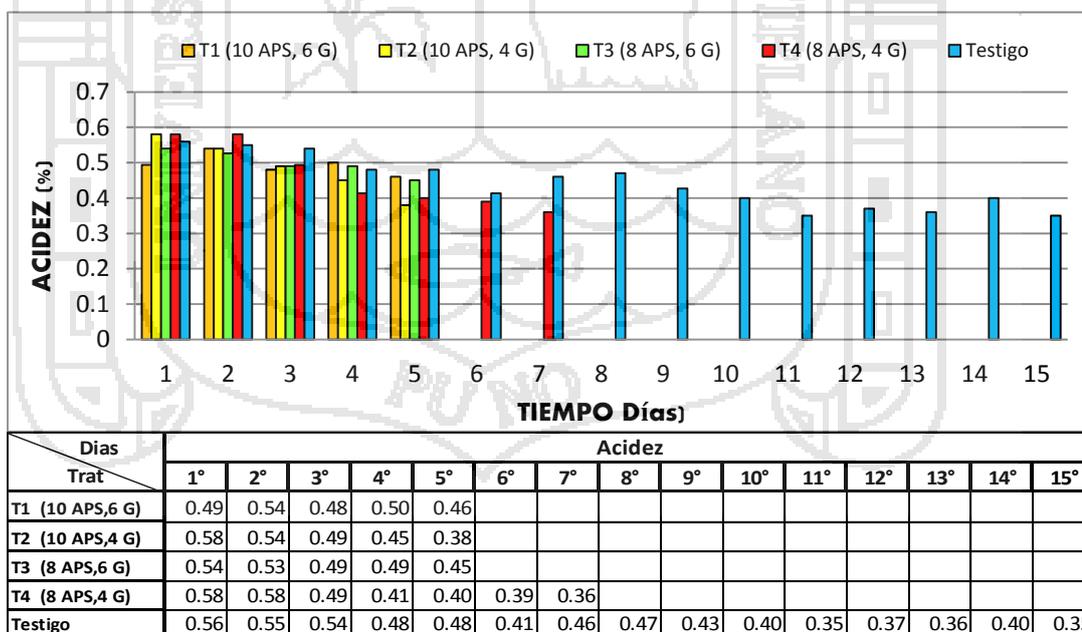
4.2.1.3. Acidez

Tabla 35: Análisis de varianza (ANVA) para la acidez de la chirimoya

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	,003	4	,001	,794	n.s.
Días	,051	4	,013	11,657	n.s.
Error	,018	16	,001		
Total	6,309	24			

En la Tabla 35, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la acidez de la chirimoya durante los 5 días de almacenamiento, en donde observamos que no existen diferencias significativas para los tratamientos y tiempo (días) almacenamiento.

Figura 13: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la acidez de la chirimoya en relación al tiempo



En la Figura 13, se observa el comportamiento de la acidez titulable durante los días de almacenamiento, vemos que existe una ligera variación de la acidez titulable, debido al cambio del contenido de ácidos orgánicos en los frutos, pero no se observó un efecto notorio por los tratamientos ya que todos los frutos

presentaron este comportamiento, confiriendo a las chirimoyas con recubrimientos el mismo sabor del grupo control, por lo tanto no presentan diferencias significativas por la concentración de Aislado de proteína de Suero ni del Glicerol a lo largo del tiempo de almacenamiento.

FAO (2006), indica que una acidez moderada, se recomienda un valor máximo del 0,4 – 0.7 %, sin embargo, en este experimento a pesar que la chirimoya cumplen con este parámetro, todas las muestras fueron desechadas por descomposición de la fruta al final del almacenamiento

4.2.1.4. pH

En la Tabla 36, se observa el análisis de varianza (ANVA) para el pH de la chirimoya a los 5 días de almacenamiento, en donde observamos que no existen diferencias significativas para los tratamientos y tiempo (días) de almacenamiento.

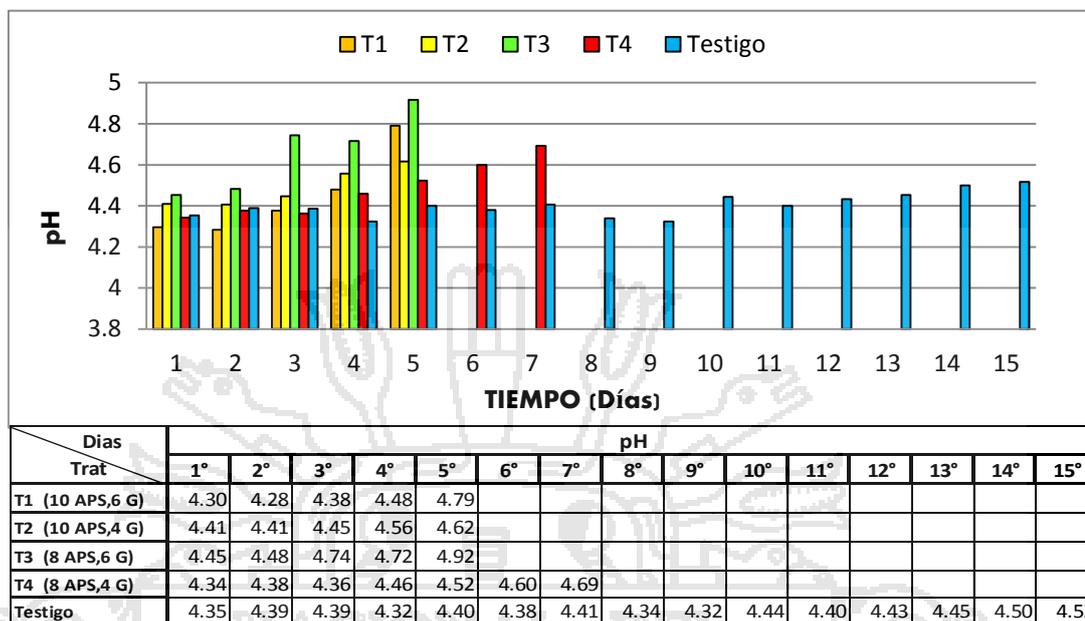
Tabla 36: Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la chirimoya

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	,255	4	,064	7,475	n.s.
Días	,249	4	,062	7,321	n.s.
Error	,136	16	,009		
Total	501,475	24			

En el Figura 14, se observa que durante los días de almacenamiento existe un ligero incremento de los valores de pH para los tratamientos con recubrimiento comestible, diferente a lo que ocurre con el tratamiento T5 “Testigo” que se mantiene constante durante los 10 primeros días, para luego incrementar ligeramente, este comportamiento se debe a que los tratamientos con recubrimiento desarrollaron fermentación en las chirimoya, lo que explica que los valores de pH se incremente; estos resultados son similares a lo mencionado por Madrid & Pantastico (2008) “El contenido de alcohol supone un reducción de la acidez de la disolución. A mayor alcohol, menor acidez (pH sube), a menor alcohol, mayor acidez (pH baja)”

Asimismo, vemos que los valores obtenidos durante el almacenamiento oscilan entre (4.28 y 4.79), rango que se encuentra dentro de lo aceptable (4.2 – 5.5) según (Illescas, 2008) así también lo indica (Mitcham, 2010), quienes manifiestan el valor de 4.58 de pH aceptable para la chirimoya.

Figura 14: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el pH de la chirimoya en relación al tiempo



4.2.1.5. Sólidos Solubles

Tabla 37: Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la chirimoya

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	5,849	4	1,462	2,942	n.s.
Días	3,204	4	,801	1,612	n.s.
Error	7,951	16	,497		
Total	6210,694	25			

En la Tabla 37, se observa el análisis de varianza para los sólidos solubles hasta los 5 días de almacenamiento de la chirimoya, en donde observamos que no existen diferencias significativas entre tratamientos.

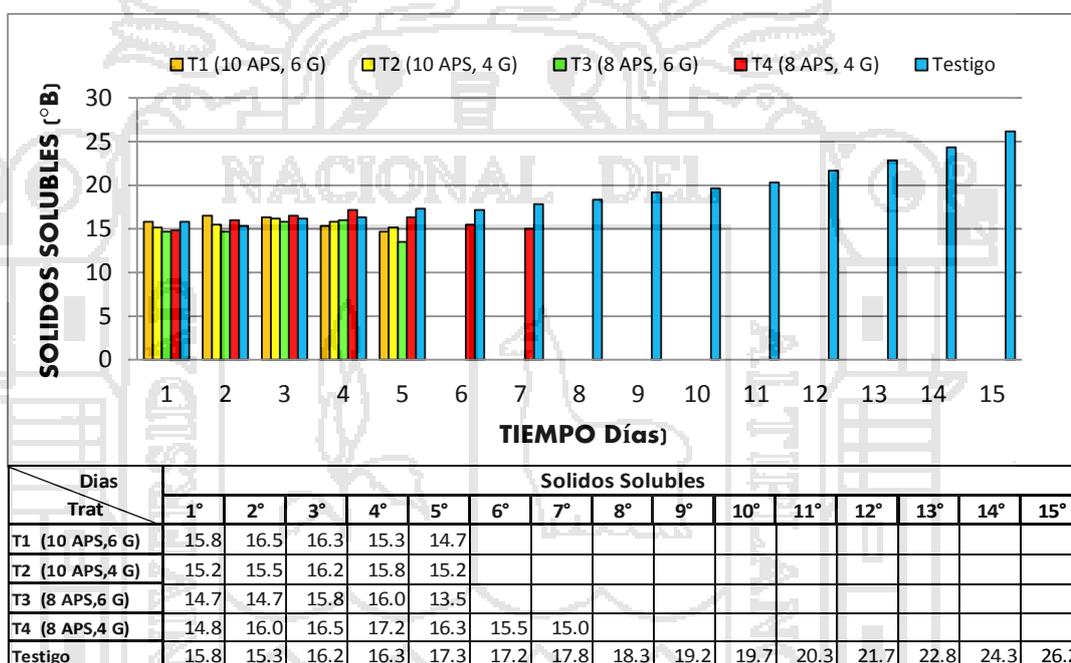
En el Figura 15, se observa que durante los días de almacenamiento, los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) al primer día de análisis los grados brix se van incrementando ligeramente, sin embargo a partir del día 4, estos valores comienzan a disminuir, este comportamiento se debe a que cuando las frutas son inmaduras, su acidez es alta y su dulzor bajo, conforme van madurando, aumenta en nivel de azúcar y disminuye la acidez, es decir su pH aumenta; así lo indica (Belitz & Grosch, 2004), sin embargo este proceso se interrumpe cuando el Recubrimiento Comestible que se aplicó a la chirimoya, originó que se desarrolle fermentación en

dicha fruta, ocasionando de esta manera que los azúcares en la chirimoya disminuyan.

Por otro lado el testigo, al continuar su proceso normal de maduración, los sólidos solubles se incrementaron de 16 a 26° Brix, debido fundamentalmente a la acumulación de azúcares; así lo indica (Garcia & Vicente, 2008).

Esto significa que el tratamiento testigo fue el que mostro un mejor comportamiento con respecto a los tratamientos con Recubrimiento, ya que logró mantener su calidad comercial hasta los 15 días de almacenamiento.

Figura 15: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para los sólidos solubles de la chirimoya en relación al tiempo



4.2.1.6. Índice de Respiración

En la Tabla 38, se observa el análisis de varianza para el índice de respiración de la chirimoya a los 5 días de almacenamiento, en donde observamos que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos y no so significativo para el tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 38 : Análisis de Varianza (ANVA) para el índice de respiración de la chirimoya

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	818,161	4	204,540	5,871	**
Días	2619,611	4	654,903	18,799	n.s.
Error	557,406	16	34,838		
Total	478410,954	24			

Tabla 39: Prueba de comparación múltiple Duncan para el índice de respiración según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

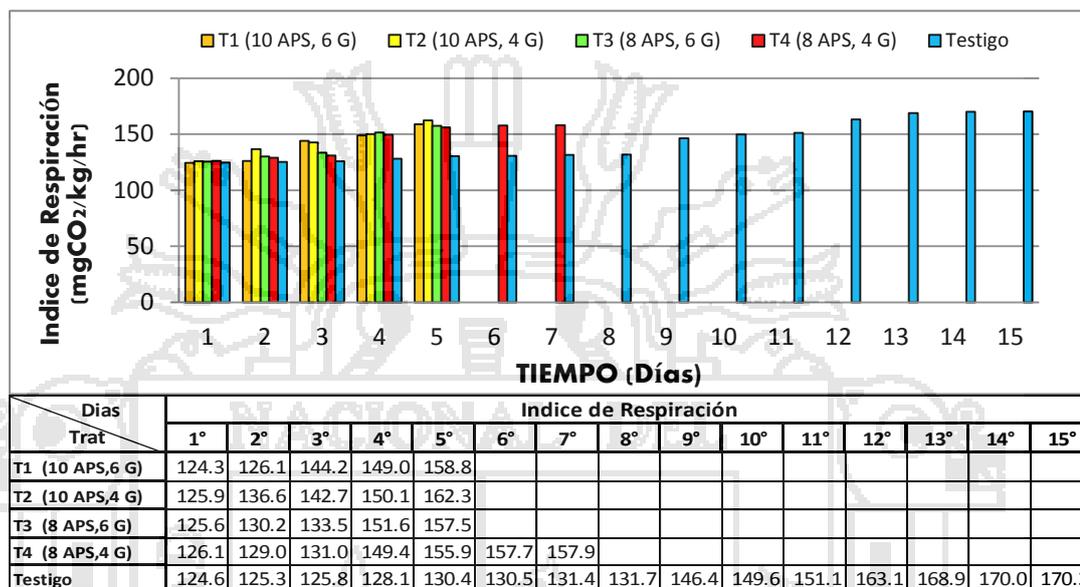
Tratamientos	Media		
Testigo	126,8	± 2,40	a
T4 (8,4)	138,28180	± 13,42	b
T3 (8,6)	139,67360	± 14,03	b
T1 (10,6)	140,45167	± 14,93	b
T2 (10,4)	143,52833	± 13,42	b

En la tabla 39 se muestra la prueba de comparación de Duncan, donde se distingue que los tratamientos T4(138.28), T3(139.67), T1(140.45) y T2(143.53) tienen valores de índice de respiración similares, es decir no existe diferencia significativa entre ellos. Se observa también que el Tratamiento Testigo(126.8) se diferencia significativamente a los tratamientos antes mencionados, siendo en este tratamiento donde ocurre la menor cantidad de mg de CO₂/Kg/hr. emitidos a los 5 días de análisis, lo que significa que la respiración fue mucho menor en el tratamiento testigo que los tratamientos con recubrimiento comestible que lo único que lograron fue la de acelerar la tasa respiratoria de la chirimoya que al ser una fruta climatérica, los niveles de etileno son mucho más altos. Tal como lo indica (FAO, 2006).

Así mismo al final del análisis todas las chirimoyas con Recubrimiento fueron desechadas, debido al estado de deterioro en el que se encontraban. Es decir la aplicación del recubrimiento comestible sirvió de barrera protectora a la transferencia de gases, sin embargo la falta de oxígeno aceleró el deterioro de la fruta, pasando por un proceso de fermentación y ocasionando el acelerado deterioro de las chirimoyas, así también lo indica (Seller et al., 2010). "Cuando disminuye la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno en el entorno se reduce alrededor de 2%, la respiración es sustituida por un proceso de fermentación, ocasionando un sabores desagradables y promoviendo el envejecimiento prematuro".

Por otro lado se observó una disminución y pérdida total del color, esto se atribuye al incremento de la respiración y a los procesos enzimáticos que dan como resultado una pérdida de calidad y en algunas pigmentaciones oscuras.

Figura 16: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el índice de respiración de la chirimoya en relación al tiempo



En la Figura 16, se observa que la respiración de las chirimoyas al inicio del periodo de almacenamientos fue aproximadamente de 125 mg CO₂/Kg/hr. Sin embargo a partir del segundo al quinto día de almacenamiento los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) tuvieron un incremento en la respiración, registrándose valores de (124.3 a 162.3) mg CO₂/Kg/hr,

A diferencia del tratamientos Testigo que mostro ligero incremento hasta el octavo día con registros de 124.6 a 131.7 mg CO₂/Kg/hr. A partir del noveno día al quinceavo día de análisis, el incremento de respiración fue mucho más notorio, registrándose valores de 131.7 a 170.3 mg CO₂/Kg/hr. Por lo tanto se podría decir que el mejor tratamiento fue el T5 sin Recubrimiento Comestible.

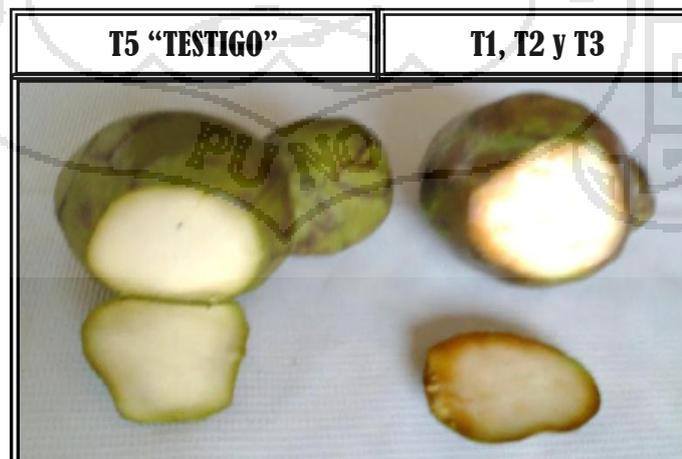
A nivel general, se pudo observar que en los tratamientos (T1, T2 y T3) con (10, 6)%, (10,4)% y (8,6)% de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente, dichos tratamientos desarrollaron un recubrimiento muy compacto, con adhesión suficiente para recubrir las chirimoyas, otorgando brillo y buena apariencia a dichos frutos; logrando lo dicho por (McHugh & Krochta, 1994) “Las películas en base a suero de leche plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O₂, CO₂ y C₂H₄”;

sin embargo Navarro & Maria, (2007) indican “que la disminución de la tasa respiratoria y el retraso de la madurez de los frutos se obtiene siempre y cuando el fruto se mantenga respirando en forma aeróbica”. Lo cual no ocurrió en este experimento, ya que la respiración aeróbica se cambió a respiración anaeróbica o fermentación, por consecuencia con el transcurrir de los días en almacenamiento, la falta de oxígeno y la falta de disponibilidad de aire, ocasionó que la respiración de las chirimoyas fueran sustituidas por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y el alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable promoviendo el envejecimiento prematuro tal como lo indica (Seller et al., 2010). Asimismo las chirimoyas de los tratamientos T1, T2 y T3, sufrieron un cambio en su apariencia física e internamente, razón por la cual tuvieron que ser desechadas a los 5 días de almacenamiento, así se muestra en la Figura 18.

A diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 El tratamientos T4, soportó solo dos días más de análisis, debido a que menores concentraciones de aislado de proteína de suero desarrollaron un recubrimiento con mayor permeabilidad al CO₂ y mayor disponibilidad de aire, retrasando ligeramente la fermentación de la chirimoya,

En base a lo anterior el tratamiento T4 con menor porcentaje de aislado de proteína de suero y glicerol desarrolló un recubrimiento con resultados más aceptables, por lo tanto es posible obtener un recubrimiento adecuado para chirimoya si reducimos el porcentaje de aislado de proteína de suero y glicerol

Figura 17: Comparación de los tratamientos T5 “Testigo” con (T1, T2 y T3). A los cinco días de almacenamiento



En la Figura 17 observamos que el tratamiento Testigo, mantiene su calidad comercial Interna a diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 que desarrollaron pardeamiento enzimático a los 5 días de almacenamiento.

Figura 18: Chirimoya de los tratamientos T1, T2 y T3. A los cinco días de almacenamiento con superficie oscura



Asimismo para todos los tratamientos se logró controlar la permeabilidad al O_2 y CO_2 , sin embargo la impermeabilidad fue demasiado, logrando solo resultados negativos, así también lo indica Seller et al., (2010). *“Para todo producto existen límites mínimos de O_2 y máximos de CO_2 dentro de los cuales la modificación de la atmósfera es beneficiosa. Fuera de ellos, dicha atmósfera puede tener efectos perjudiciales, tales como la maduración desuniforme, inducción o incremento de la incidencia de desórdenes fisiológicos, y desarrollo de malos olores y sabores debido a la acumulación de productos de la fermentación tal como ocurrió en este experimento.*

En cuanto al Tratamiento Testigo (T5) sin Recubrimiento Comestible, tuvo un mejor comportamiento, debido a que la chirimoya continuó su proceso normal de maduración, logrando un tiempo de vida útil de 15 días de almacenamiento, mucho mejor que las chirimoyas tratadas. Si bien el tratamiento testigo perdió su color verde característico al día quince de almacenamiento, interiormente la pulpa no perdió su calidad.

4.3. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE – PERA

4.3.1. Efecto del recubrimiento comestible en las características fisicoquímicas de la Pera

4.3.1.1. Pérdida de peso

En la Tabla 40, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para pérdida de peso de la pera a los 17 días de almacenamiento, en donde observamos que existen diferencias altamente significativas para los diferentes tratamientos. Es decir que la concentración de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol influye significativamente en al menos uno de los tratamientos.

Tabla 40: Análisis de Varianza (ANVA) para la pérdida de peso de la pera

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	588,297	4	147,074	22,260	**
Días	2340,586	16	146,287	22,140	**
Error	422,863	64	6,607		
Total	736672,301	84			

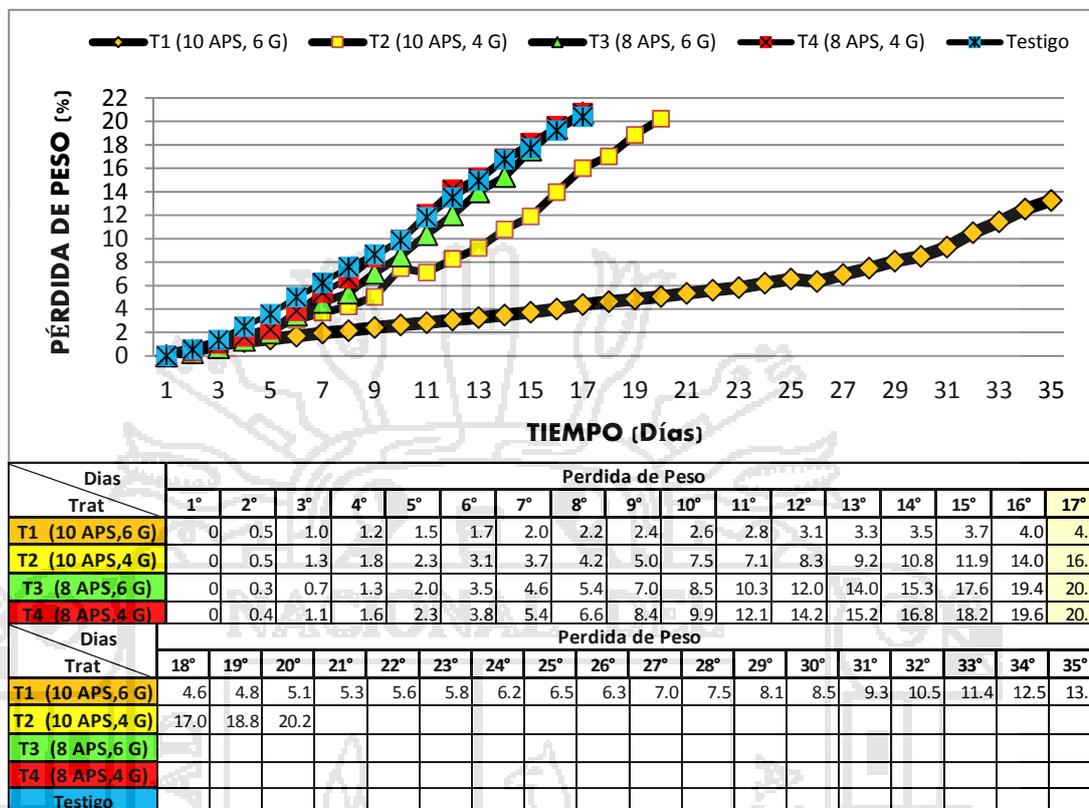
Tabla 41: Prueba de comparación múltiple Duncan para la pérdida de peso según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

Tratamientos	Media		
T1 (10,6)	2,33948	± 0,1897	a
T2 (10,4)	6,27787	± 1,1841	b
T3 (8,6)	8,38460	± 1,0534	bc
T4 (8,4)	9,19434	± 0,9713	c
Testigo	9,38739	± 0,7766	c

En la tabla 41 se presenta la prueba de comparación de Duncan para la pérdida de peso, donde se observa que los tratamientos T2(6.28%) y T3(8.38%) son estadísticamente similares, de igual manera los tratamientos T3(8.38%), T4(9.19%) y el Testigo(9.38%). Sin embargo se observa también que a los 17 días de almacenamiento el tratamiento T1(2.3%) es el que menos peso perdió comparado con los tratamientos T2, T3, T4 y testigo (6.3 – 9.4)% estadísticamente hablando

Por lo tanto la Prueba de Duncan nos muestra que el mejor tratamiento es el tratamiento T1 con (10, 6)% de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente.

Figura 19: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para pérdida de peso de la pera en relación al tiempo



En la Figura 19, se observa que a los 17 días de almacenamiento, las peras del tratamiento T1 tuvo el menor porcentaje de pérdida de peso con 4.4% a comparación de los demás tratamientos que oscilan entre (16.0 a 20.7)% de pérdida de peso .

Una de las ventajas del uso del uso de ceras en un recubrimiento, es la de “Controlar la pérdida de peso, arrugamiento y ablandamiento, además de aportar brillo y buena apariencia física al fruto” Así lo indica (Hernández, 1994). Es por esta razón que se observa que el tratamiento T1 tuvo un mejor tiempo de vida útil debido a que la cera de abeja utilizada en la formulación ofreció una buena barrera a la transferencia de vapor de agua tal como lo indica (Galletta et al., 2004) “Los recubrimientos a base de proteína y plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O₂, CO₂ y C₂H₄, pero si son altamente hidrofílicas no son buenas barreras al vapor de agua”. Si se aplica este tipo de recubrimientos en conjunción con membranas hidrofóbicas, hace este tipo de coberturas ideales para estudio post cosecha de frutas y hortalizas. (Aguilar & Fenemma, 2008). Es así que se controló la pérdida de peso, proporcionar

una mayor retención de la firmeza, características físicas y organolépticas, además de prolongar su tiempo de almacenamiento hasta los 35 días, superior en 18 días con respecto al tratamiento Testigo.

4.3.1.2. Firmeza

Tabla 42: Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza de la pera

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	168,280	4	42,070	30,441	**
Días	297,214	16	18,576	13,441	**
Error	88,450	64	1,382		
Total	4637,816	84			

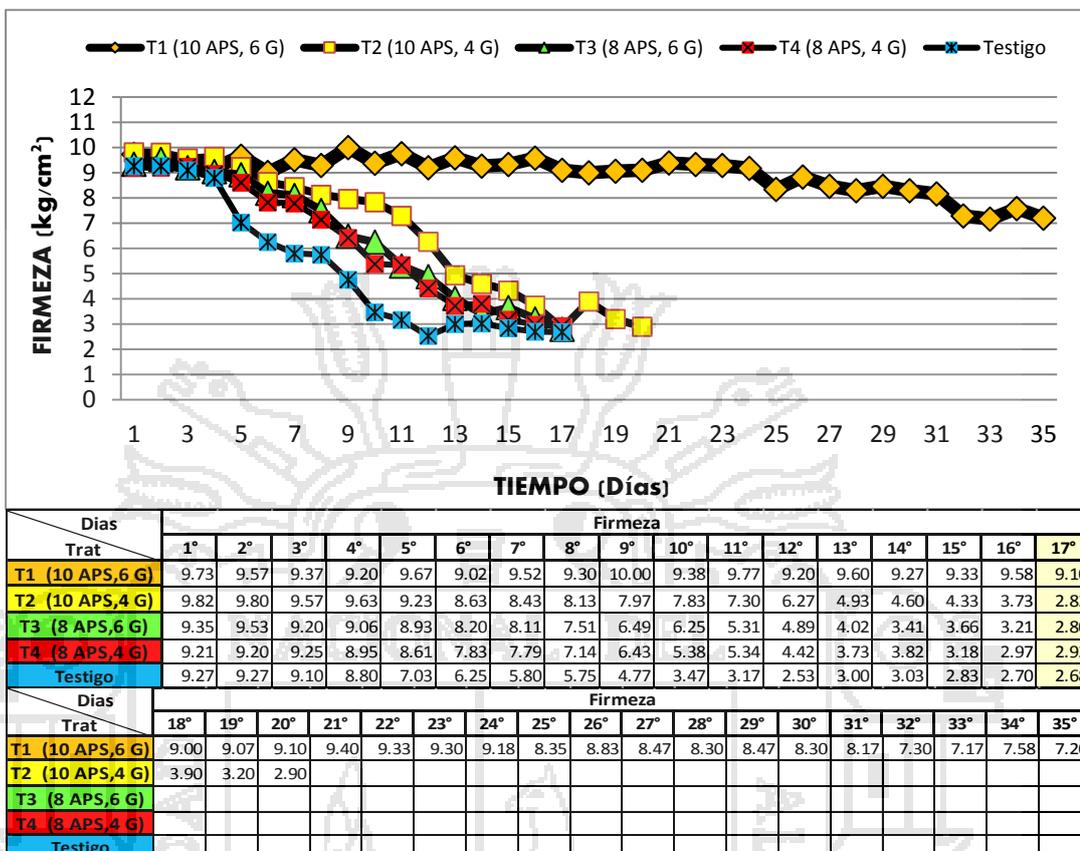
En la Tabla 42, se observa el análisis de varianza para la firmeza de la pera a los 17 días de almacenamiento, en donde observamos que existen diferencias altamente significativas para los diferentes tratamientos y tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 43: Prueba de comparación múltiple Duncan para la firmeza según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

Tratamientos	Media			
Testigo	5,26176	±	2.60	a
T4 (8,4)	6,24471	±	2.42	ab
T3 (8,6)	6,46569	±	2.45	b
T2 (10,4)	7,23824	±	2.33	b
T1 (10,6)	9,44706	±	0.26	c

En la tabla 43 se presenta el cuadro de comparación múltiple Duncan, donde se distingue que los tratamientos Testigo(5.26kg/cm²) y T4(6.24kg/cm²) tienen valores de firmeza similares, es decir no existe diferencia significativa entre ellos. De igual manera los tratamientos T4(6.24kg/cm²), T3(6.47kg/cm²) y T2(7.24 kg/cm²). Sin embargo observamos también que el tratamiento T1 se diferencia significativamente de los tratamientos testigo, T4, T3 y T2, siendo este tratamiento T1 en el que se registra la menor pérdida de firmeza a los 17 días de almacenamiento con 9,45 Kg/cm². Así mismo el tratamiento testigo registra valores de 5.26 Kg/cm², mucho menor al tratamiento T1.

Figura 20: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la firmeza de la pera en relación al tiempo



En el Figura 20, se observa que los frutos recubiertos del tratamiento T1, tuvo una significativa reducción de pérdida de firmeza con respecto a los demás tratamientos. Debido a que a los 17 días de almacenamiento la pérdida de firmeza para el tratamiento T1 fue de 0.63 Kg/cm²; mínima en relación a los demás tratamientos que tuvieron pérdidas de firmeza que van entre (6.29 a 6.99) Kg/cm². Este retardo se explica principalmente por la reducción en la pérdida de agua debido a las propiedades de barrera al vapor de agua de la cera de abeja, que se atribuye a lo descrito por (Kader, 1992) que considera que la disminución en el contenido de humedad puede ser una de las principales causas de perdida firmeza, ya que causa pérdidas en la apariencia (debido al marchitamiento y deshidratación), textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de consistencia y jugosidad) y valor nutricional.

Asimismo la retención de firmeza en la pera también lo explican (Yaman & Bayoindirli, 2002) quienes consideran que ambientes con concentraciones bajas en O₂ y altas en CO₂ reducen la actividad enzimática causante de la degradación de las paredes celulares, permitiendo así, la retención de la firmeza de frutas y vegetales durante su vida postcosecha.

Por lo tanto se determina que el tratamiento T1 con (10.6) % de Aislado de proteína de suero y Glicerol, respectivamente tuvo un mejor comportamiento a comparación del resto de tratamientos.

4.3.1.3. Acidez

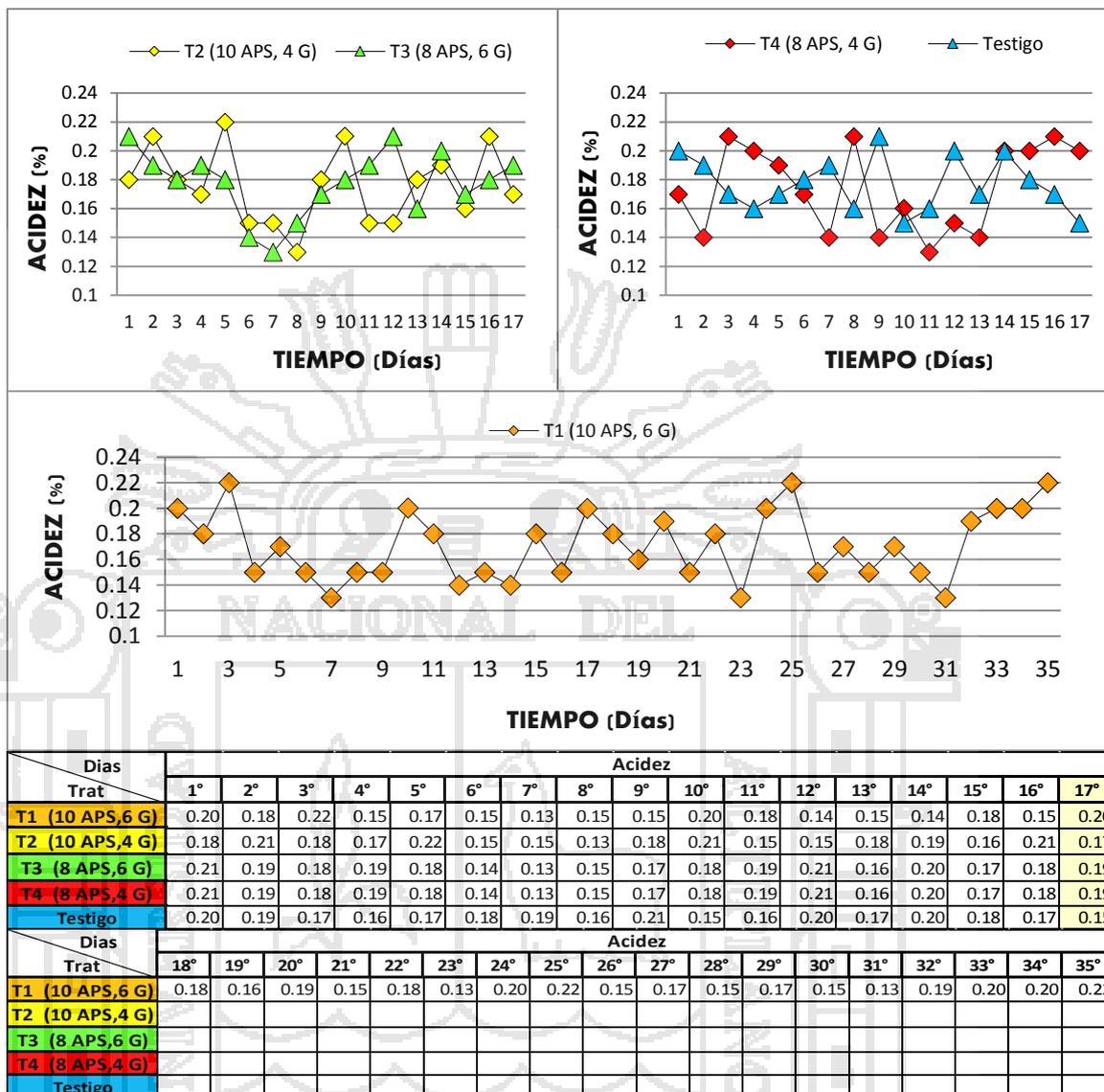
Tabla 44: Análisis de Varianza (ANVA) para la acidez de la pera

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	,001	4	,000	,553	n.s.
Días	,014	16	,001	1,497	n.s.
Error	,036	64	,001		
Total	2,635	84			

En la Tabla 44 se presenta el Análisis de Varianza (ANVA) para la acidez a los 17 días de almacenamiento, el cual nos indica que no existen diferencias significativas para tratamientos y tiempo (días) de almacenamiento.

En la Figura 21, se observa el comportamientos de la acidez titulable durante los días de almacenamiento, vemos que para el tratamiento T5 "Testigo" las peras presentaron una ligera disminución, debido al cambio del contenido de ácidos orgánicos en los frutos, pero no se observó un efecto notorio por los tratamientos ya que todos los frutos presentaron este comportamiento, confiriendo a las peras con recubrimientos el mismo sabor del grupo control, por lo tanto no presentan diferencias significativas por la concentración de Aislado de proteína de Suero ni del Glicerol a lo largo del tiempo de almacenamiento. Así mismo las peras con Recubrimiento mantuvieron su acidez inicial hasta el final de su almacenamiento. Asimismo todos los tratamientos oscilan entre (0.1 y 0.2) gr. de ácido cítrico/100g. de tejido fresco, considerado como un promedio de acidez normal y dentro de los parámetros tal como lo indica (Mitcham, 2010).

Figura 21: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para la acidez de la pera en relación al tiempo



4.3.1.4. pH

Tabla 45: Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la pera

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	4,156	4	1,039	8,649	**
Días	7,629	16	,477	3,969	n.s
Error	7,689	64	,120		
Total	1871,020	84			

En la Tabla 45 se presenta el Análisis de Varianza (ANVA) para el pH de la pera a los 17 días de almacenamiento, el cual nos indica que existen diferencias altamente

significativas para tratamientos, sin embargo no para tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 46: Prueba de comparación múltiple Duncan para el pH según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

Tratamientos	Media			
T3 (8,6)	4,33176	±	0,44	a
Testigo	4,49824	±	0,56	ab
T4 (8,4)	4,74176	±	0,65	bc
T2 (10,4)	4,83000	±	0,15	c
T1 (10,6)	4,93431	±	0,12	c

En la tabla 46 se presentan los resultados de la prueba de comparación de Duncan. El cuadro nos muestra valores similares para los tratamientos T3(4.3), Testigo(4.5) y T4(4.74), siendo estos que presentan valores menores de pH. Así mismo los tratamientos T2(4.8) y T1(4.9) tienen mayor cantidad de pH con respecto a los tratamiento T3(4.33), Testigo(4.5) y T4(4.74).

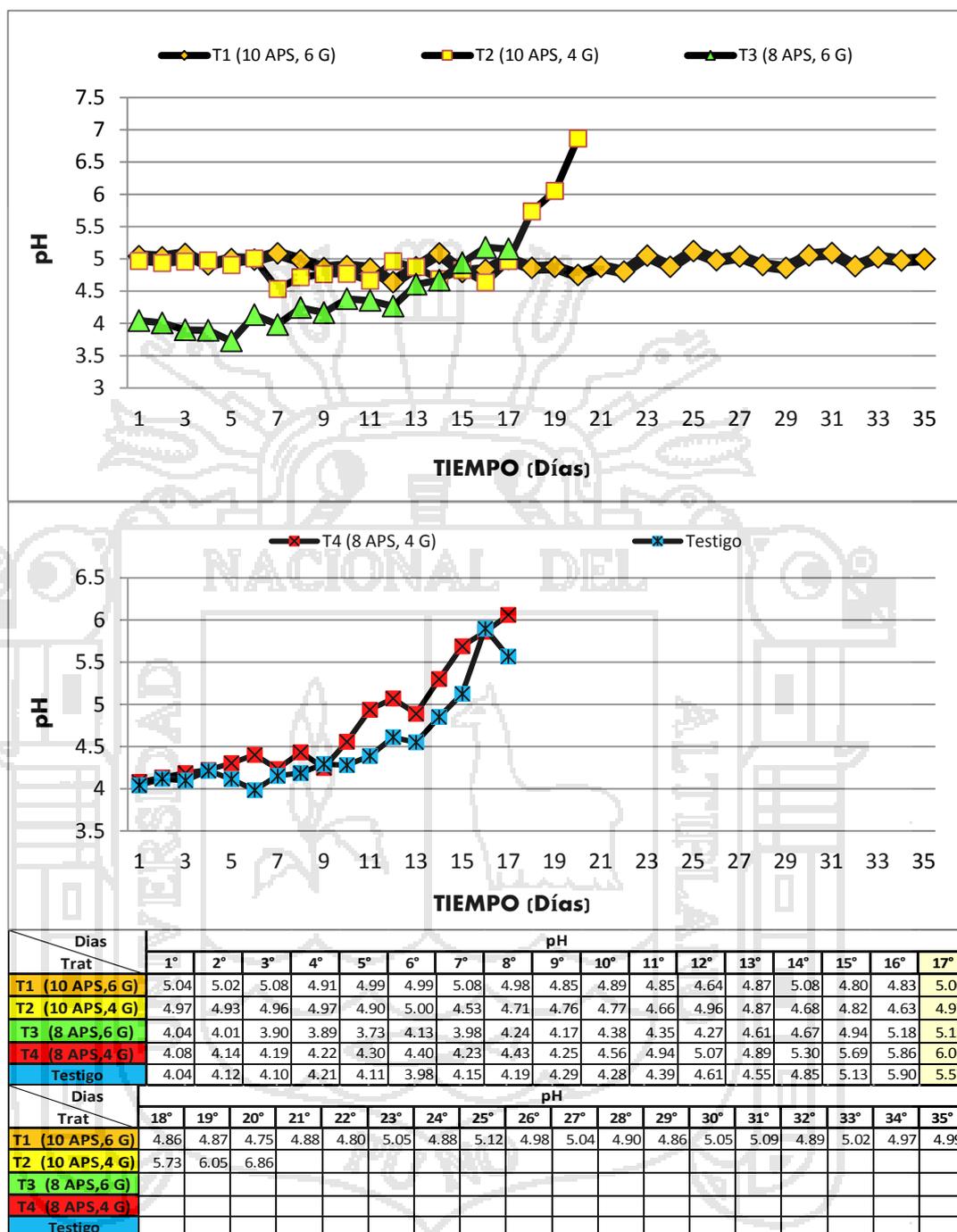
Asimismo los pH oscilan entre (4.3 y 5.0) de pH promedio, considerado como un promedio de pH normal y dentro de los parámetros tal como lo indica (Illescas, 2008)

En la Figura 22, se observa que durante los días de almacenamiento existe un ligero incremento de los valores de pH para los tratamientos (T3, T4 y T5) registrándose valores de (4.04 a 6.06), este comportamiento se debe principalmente a que dichos tratamientos desarrollaron cierta fermentación en las pera, lo que explica que los valores de pH se incremente; así también lo indica Madrid & Pantastico (2008) "El contenido de alcohol supone un reducción de la acidez de la disolución. A mayor alcohol, menor acidez (pH sube), a menor alcohol, mayor acidez (pH baja)"

También se observa que a diferencia de los anteriores tratamientos, los tratamientos T1 y T2, no afectaron en lo absoluto a los valores de pH, por tanto la aceptabilidad de la fruta es evidente.

Asimismo, vemos que los valores obtenidos durante el almacenamiento oscilan entre (4.04 y 6.8), rango que se encuentra dentro de lo aceptable (4.2 – 5.5) según (Illescas, 2008) así también lo indica (Mitcham, 2010). quienes manifiestan el valor de 4.2 de pH aceptable para la pera.

Figura 22: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el pH de la pera en relación al tiempo



4.3.1.5. Sólidos solubles

En la Tabla 47, se observa el análisis de varianza (ANVA) para los sólidos solubles a los 17 días de almacenamiento de la pera, en donde observamos que existen diferencias altamente significativas para los diferentes tratamientos.

Tabla 47: Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles de la pera

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	11,897	4	2,974	7,487	**
Días	101,036	16	6,315	15,896	**
Error	25,425	64	,397		
Total	12187,111	84			

Tabla 48: Prueba de comparación múltiple Duncan para los sólidos solubles según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

Tratamientos	Media
T1 (10,6)	11,20588 ± 0,29 a
T4 (8,4)	11,96078 ± 1,69 b
Testigo	12,00000 ± 1,37 b
T3 (8,6)	12,02941 ± 1,35 b
T2 (10,4)	12,33333 ± 1,12 b

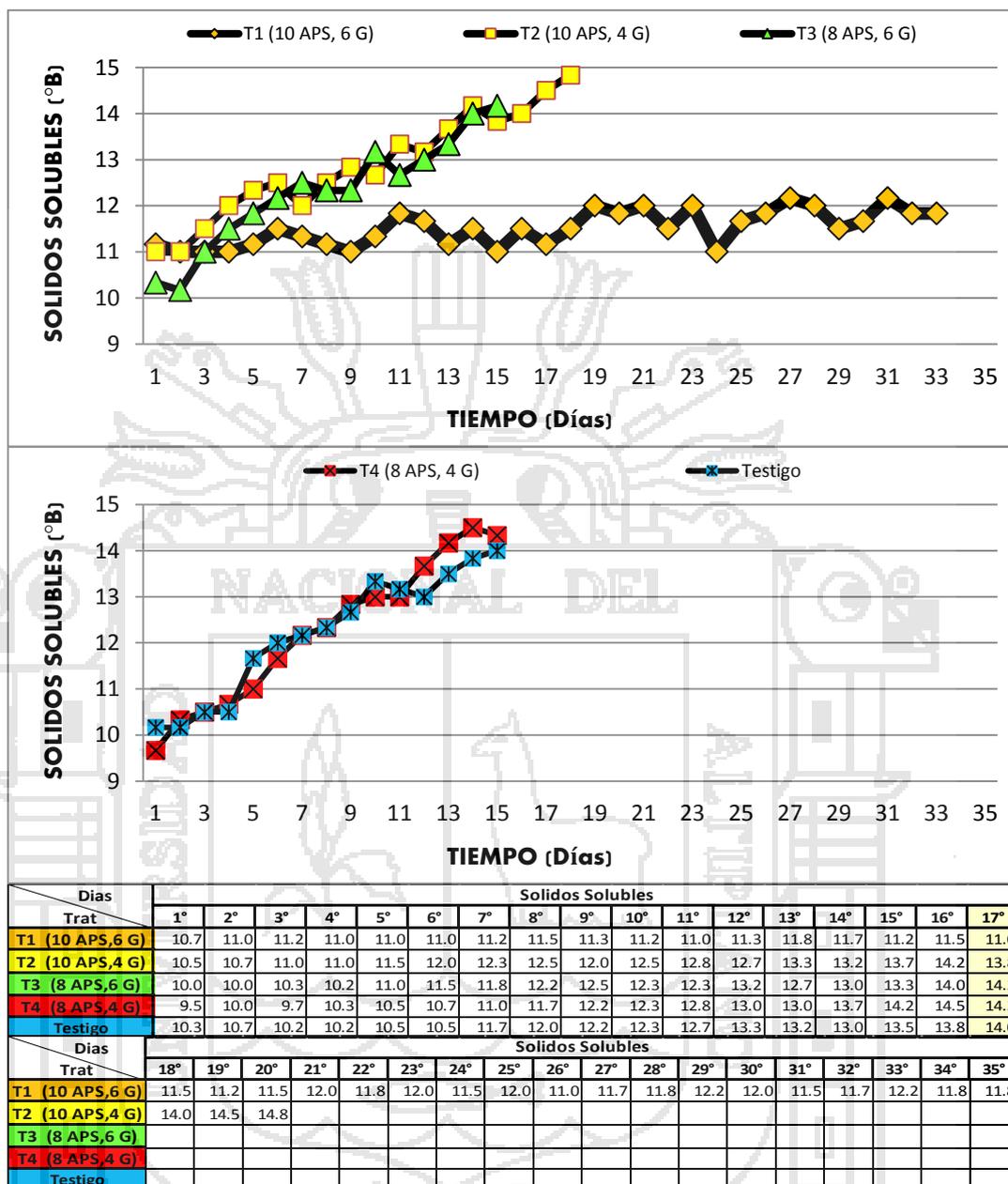
En el Tabla 48, se presenta los resultados de la prueba de comparación Duncan, donde observamos que a los 17 días de almacenamiento el tratamiento T1 difiere significativamente de los demás tratamientos, además de registrar la menor cantidad de sólidos solubles con 11.2°Brix. mientras que los demás tratamientos registran sólidos solubles entre (11.9 y 12.3) °Brix.

En el Figura 23, se observa que durante los días de almacenamiento, los sólidos solubles presentaron un incremento para los tratamientos (T2, T3, T4 y T5) entre registros de (9.5 a 14.3) °Brix; Este comportamiento se debe principalmente a que cuando las frutas son inmaduras, su acidez es alta y su dulzor bajo, conforme van madurando, aumenta en nivel de azúcar y disminuye la acidez, es decir su pH aumenta; así lo indica (Belitz & Grosch, 2004),

A diferencia de resto de tratamientos, el tratamiento T1 a lo largo del almacenamiento mantuvo estable los sólidos solubles entre registros de (10.7 a 11) °Brix. Esto se debe a que el recubrimiento comestible logró evitar por completo que las peras continúen con su proceso de maduración, manteniéndose en el estado en el que fue recubierta, es por esta razón que los sólidos solubles no se incrementaron, manteniendo su nivel de azúcar inicial a lo largo del almacenamiento.

Esto significa que el tratamiento T1 fue el que mostro un mejor comportamiento con respecto a los tratamientos con Recubrimiento, ya que logró mantener su calidad comercial hasta los 35 días de almacenamiento.

Figura 23: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para los sólidos solubles de la pera relación al tiempo



4.3.1.6. Índice de Respiración

Tabla 49 : Análisis de Varianza (ANVA) para el índice de respiración de la pera

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc.	Sig.
Tratamientos	3395,674	4	848,918	29,897	**
Días	2614,553	16	163,410	5,755	n.s.
Error	1817,266	64	28,395		
Total	69795,715	84			

En la Tabla 49, se observa el análisis de varianza para el índice de respiración de la pera durante los 17 días de almacenamiento, en donde observamos que existen diferencias altamente significativas para los diferentes tratamientos, sin embargo no significativo para tiempo (días) de almacenamiento.

Tabla 50: Prueba de comparación múltiple Duncan para el índice de respiración según la concentración de aislado de proteína de suero y glicerol

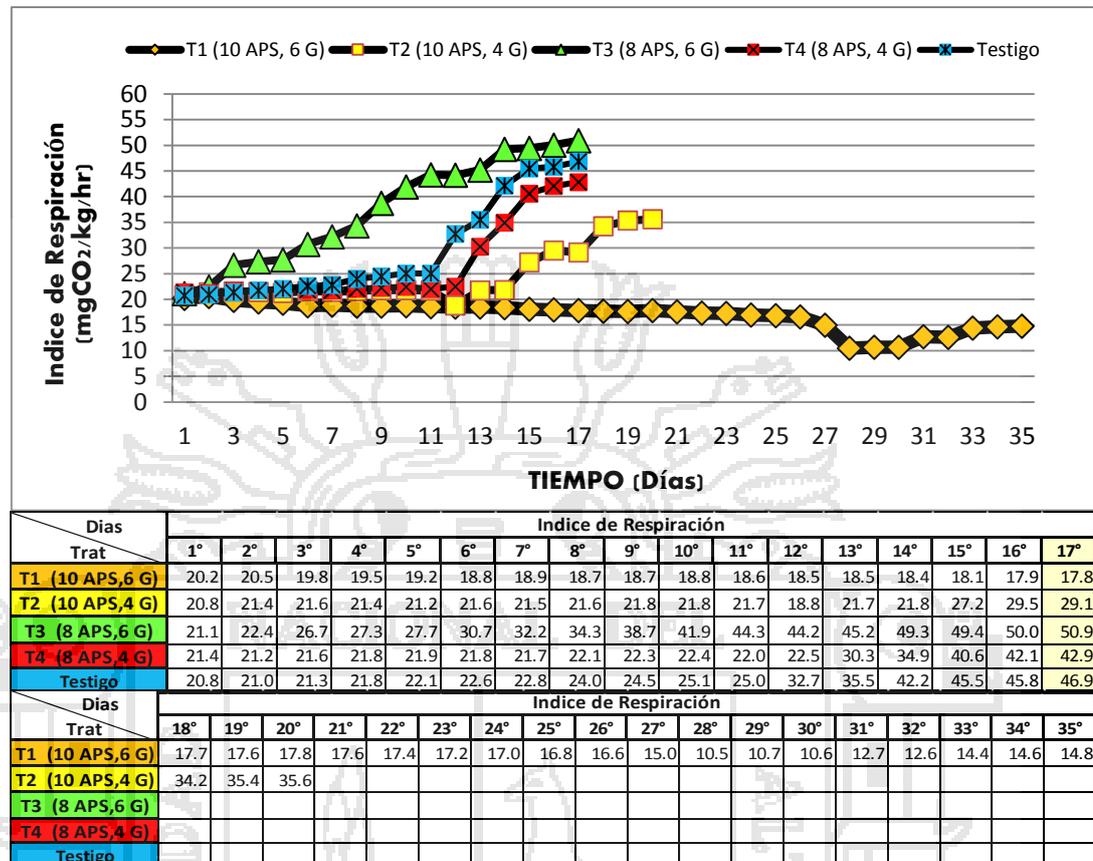
Tratamientos	Media			
T1 (10,6)	18,87908	±	0,76	a
T2 (10,4)	22,63114	±	2,97	ab
T4 (8,4)	26,67661	±	8,10	bc
Testigo	29,37902	±	9,84	c
T3 (8,6)	37,43767	±	10,26	d

En la Tabla 50 se muestra la prueba de comparación de Duncan, donde se distingue que los tratamientos T1 y T2 tienen valores de índice de respiración similares, además de registrar valores con la menor cantidad de mg de CO₂/Kg/hr. emitidos a los 17 días de análisis, lo que significa que la respiración fue mucho menor en el tratamiento T1 y T2, con (18.88 y 22.63) mg de CO₂/Kg/hr que se diferencian significativamente de los tratamientos Testigo y T3 con (29.38 y 37.48) que registraron los valores más altos de respiración.

Asimismo se observa que en el tratamiento T1 existe la menor cantidad de mg de CO₂/Kg/hr. emitidos, por lo tanto dicho tratamiento tuvo el mejor comportamiento en cuanto a reducir la tasa de respiración se refiere, logrando de esta manera retardar el proceso natural de maduración de la fruta. así lo indica (Ciro, 2007). “Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y la transpiración y aunque no los ataquen los organismos causantes de la putrefacción, ese proceso natural de deterioro termina haciéndolos inaceptables como alimentos”.

En el Figura 24, se observa la evolución de la respiración durante el almacenamiento. Las respiración de las peras al inicio del periodo fue aproximadamente 20 mg CO₂/Kg/hr. Sin embargo a partir del segundo al día diecisiete el tratamiento T3 tuvo el mayor incremento en la respiración registrándose valores de (21.11 a 50.92) mg CO₂/Kg/hr. En cambio los tratamientos (T2, T4 y T5) incrementaron su respiración significativamente a partir del día 12 de almacenamiento.

Figura 24: Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible para el índice de respiración de la pera en relación al tiempo

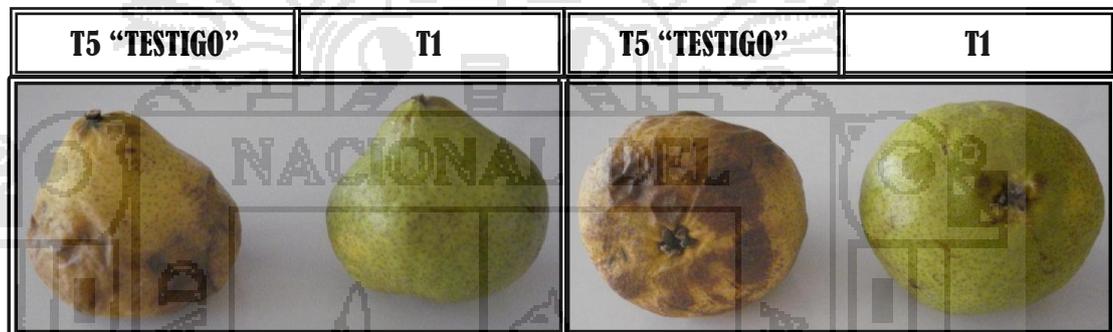


Se observa también que a diferencia del resto de tratamientos el tratamiento T1, mantuvo constante su respiración durante el almacenamiento, disminuyendo de (20.78 a 10.51) mg CO₂/Kg/hr hasta el día 28, para luego volver a incrementar ligeramente hasta los 14.75 mg CO₂/Kg/hr. Por lo tanto se podría decir que el mejor tratamiento fue el T1, debido a que se logró retardar la maduración de la pera, prolongando de esta manera la vida útil en anaquel tal como lo indica Navarro & Maria, (2007) quienes opinan que la ventaja del uso de recubrimientos es que forman una barrera en la superficie del fruto, modificando la composición gaseosa interna, disminuyendo la tasa de respiración y por lo tanto, prolongando la vida postcosecha del producto.

A nivel general, se pudo observar que el tratamiento (T1) con (10.6)% de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente dicho tratamiento desarrolló un recubrimiento compacto, con una correcta adhesión, suficiente para recubrir las peras, otorgando brillo y buena apariencia a dichos frutos; esto debido a que la pera es un fruto con una estructura externa e interna más compacta y consistente diferente a la fresa y chirimoya, asimismo el aislado de proteína de suero otorgó a

la pera una adecuada permeabilidad intermedia equilibrando de manera correcta la transmisión de O₂ y CO₂ logrando lo dicho por (McHugh & Krochta, 1994) “Las películas en base a suero de leche plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O₂, CO₂ y C₂H₄”; Por otro lado la cera de abeja resulto ser un excelente complemento debido a su propiedades de barrera a la humedad y vapor de agua, con pérdida de peso de solo 4.4% a comparación de los demás tratamientos que oscilan entre (16.0 a 20.7)%. Por lo tanto se logró prolongar el tiempo de vida útil de la pera conservando sus propiedades físicas y organolépticas hasta el día 35, superior en 18 días en relación al tratamiento T5 “Testigo”

Figura 25: Comparación de los tratamientos T5 “Testigo” con el tratamiento T1 a los 17 días de almacenamiento



En la Figura 25 observamos que el tratamiento Testigo, perdió completamente su calidad a diferencia del tratamiento T1, que se encuentra perfectamente conservada, incluso se observa la diferencia de colores, el tratamiento testigo paso de verde a amarillo propio de su maduración y senescencia. En cambio el tratamiento T1 mantiene el color de la etapa con que fue recubierta.

Figura 26: Pera de los tratamientos T5 “Testigo” y T1. A los 17 días de almacenamiento



En la Figura 26 observamos estado interno de los tratamientos T1 y T5, donde se observa que el tratamiento testigo sufrió pardeamiento enzimático y deterioro mecánico, propio del proceso normal de maduración, a diferencia del tratamiento T1, que se mantuvo en perfecto estado de

Por otro lado el tratamiento T2, con (10,4)% de aislado de proteína de suero y glicerol respectivamente desarrollo un recubrimiento adecuado, sin embargo solo fue al inicio ya que al décimo día de almacenamiento el recubrimiento sufrió un resquebrajamiento y se fue desprendiendo paulatinamente, esto debido principalmente a que al reducir el porcentaje de glicerol también aumento la fragilidad y disminuyo la resistencia del recubrimiento, así también lo indica Guilbert & Biquet, (1995). *“La adición de un plastificante permite la obtención de una película menos frágil, más flexible, más dócil, y eventualmente más dura y resistente; de igual forma los tratamientos T3 y T4 con (8,6)% y (8,4)% de aislado de proteína de suero y glicerol respectivamente desarrollaron un recubrimiento débil y poco consistente con poca adhesión a la fruta, deslizándose de forma involuntaria a la parte inferior de la fruta, esto debido a la reducción de aislado de proteína de suero, además de que la pera posee una superficie bastante lisa. Por lo tanto dichos tratamientos tuvieron el mismo resultado del tratamiento testigo.*

Así mismo a los 17 días de almacenamiento, se realizó un análisis sensorial para el mejor tratamiento con Recubrimiento Comestible Tratamiento T1 y el “Testigo” sin Recubrimiento Comestible.

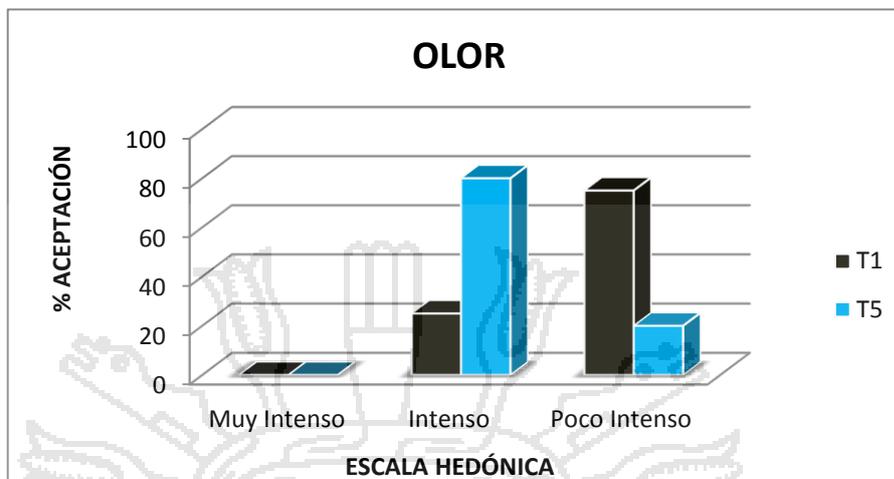
4.4. ANALISIS SENSORIAL – PERA

Tabla 51: Distribución de Puntajes para el Análisis Sensorial

ATRIBUTO	Calificación
Olor	Muy Intenso
	Intenso
	Poco Intenso
Sabor	Dulce
	Agrio
	Sin Sabor
Textura	Duro
	Blando
	Muy Blando
Color	Muy Brilloso
	Brilloso
	Opaco
Apariencia General	Excelente
	Bueno
	Malo

4.4.1.1. Del atributo del Olor

Figura 27: Evaluación del Atributo Olor para la Pera

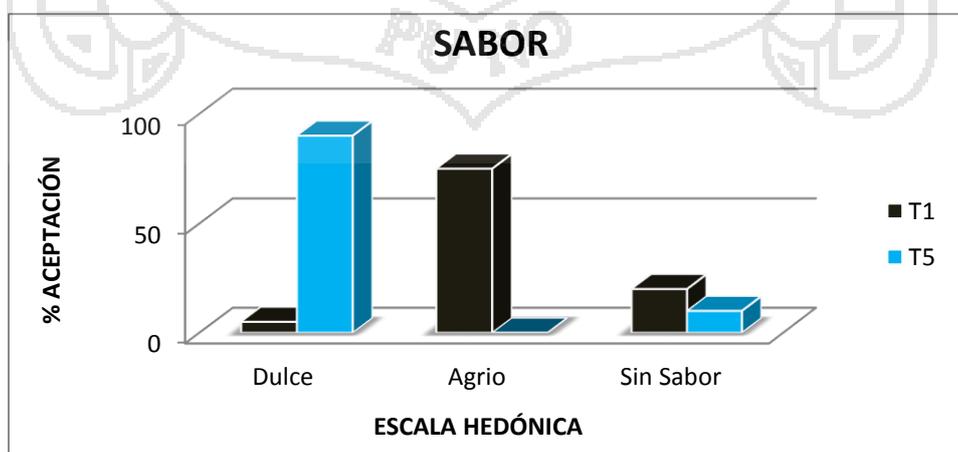


En la Figura 27, se observa los resultados para el atributo del olor durante el almacenamiento. En el tratamiento T1 observamos que el 25% de los jueces calificó que el olor es Intenso y 75% califica como poco intenso; a diferencia del tratamiento T5 (Patrón) donde el 80% califica como Intenso y 20% como poco intenso.

Esto significa que el tratamientos T1, durante el periodo de almacenamiento no desarrolló los aromas característicos de la pera, debido a que el recubrimiento aplicado, retraso el proceso de maduración de la pera; a diferencia del tratamiento Patrón que al no tener ningún tipo de recubrimiento su proceso de maduración continuó de forma normal por lo tanto la intensidad del aroma se incrementó durante su proceso de maduración.

4.4.1.2. Del atributo del sabor

Figura 28: Evaluación del atributo sabor para la pera



En la Figura 28, se observa los resultados para el atributo del sabor durante el almacenamiento. En el tratamiento T1 observamos que el 75% de los jueces calificó que el sabor es Agrio; 20% califica como “Sin Sabor” y 5% opina que la pera es dulce.

A diferencia del tratamiento T5 (Patrón) donde el 90% califica la pera como Dulce y 10% como “Sin Sabor”. Estos resultados se refleja a lo mencionado por (Garcia & Vicente, 2008), quien indica que los sólidos solubles aumentan en forma gradual durante la maduración de la fruta dedo fundamentalmente a la acumulación de azúcares.

4.4.1.3. Del atributo de la textura

Figura 29: Evaluación del atributo textura para la pera

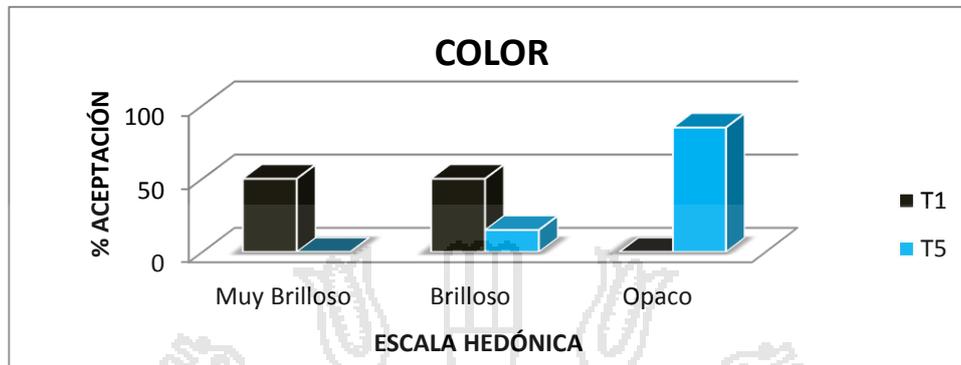


En la Figura 29, se observa los resultados para el atributo de la textura durante el almacenamiento. En el tratamiento T1 observamos que el 85% de los jueces calificó que la textura es Duro y 15% califica como Blando, lo que significa que durante el periodo de almacenamiento, la firmeza de las peras recubiertas no se vieron afectadas.

A diferencia del tratamiento T5 (Patrón) donde el 65% califica la pera como Blando y 35% como Muy Blando.

4.4.1.4. Del atributo del color

Figura 30: Evaluación del atributo del color para la pera

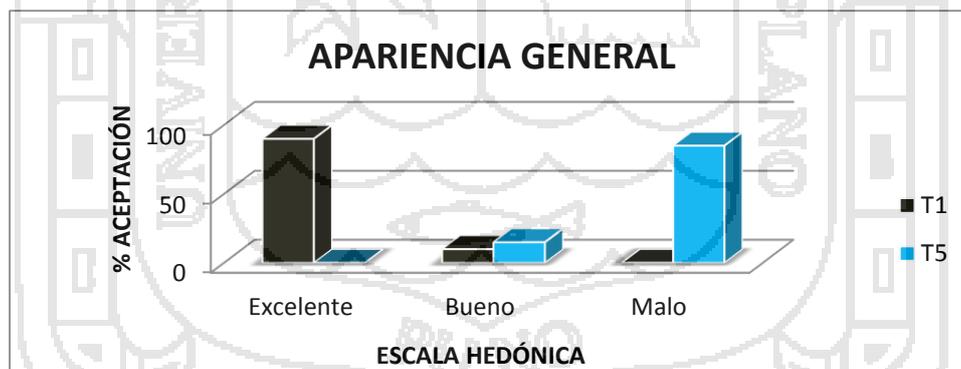


En la Figura 30, se observa los resultados para el atributo del color durante el almacenamiento. En el tratamiento T1 observamos que el 50% de los jueces calificó el Color es muy Brillante y el otro 50% califica como Brillante, lo que significa que las peras con recubrimiento no perdieron en lo absoluto su calidad comercial.

A diferencia del tratamiento T5 (Patrón) donde el 85% califica la pera como Opaco y solo 15% como Brillante.

4.4.1.5. Del atributo de apariencia general

Figura 31 : Evaluación del Atributo de Apariencia General para a Pera



En la Figura 31, se observa los resultados para el atributo de Apariencia General durante el almacenamiento. En el tratamiento T1 observamos que el 90% de los jueces calificó la Apariencia General como Excelente y 10% como Bueno, lo que significa que las peras con recubrimiento mantuvo su calidad a lo largo del almacenamiento.

A diferencia del tratamiento T5 (Patrón) donde el 85% califica la pera como Malo y solo 15% como Bueno.

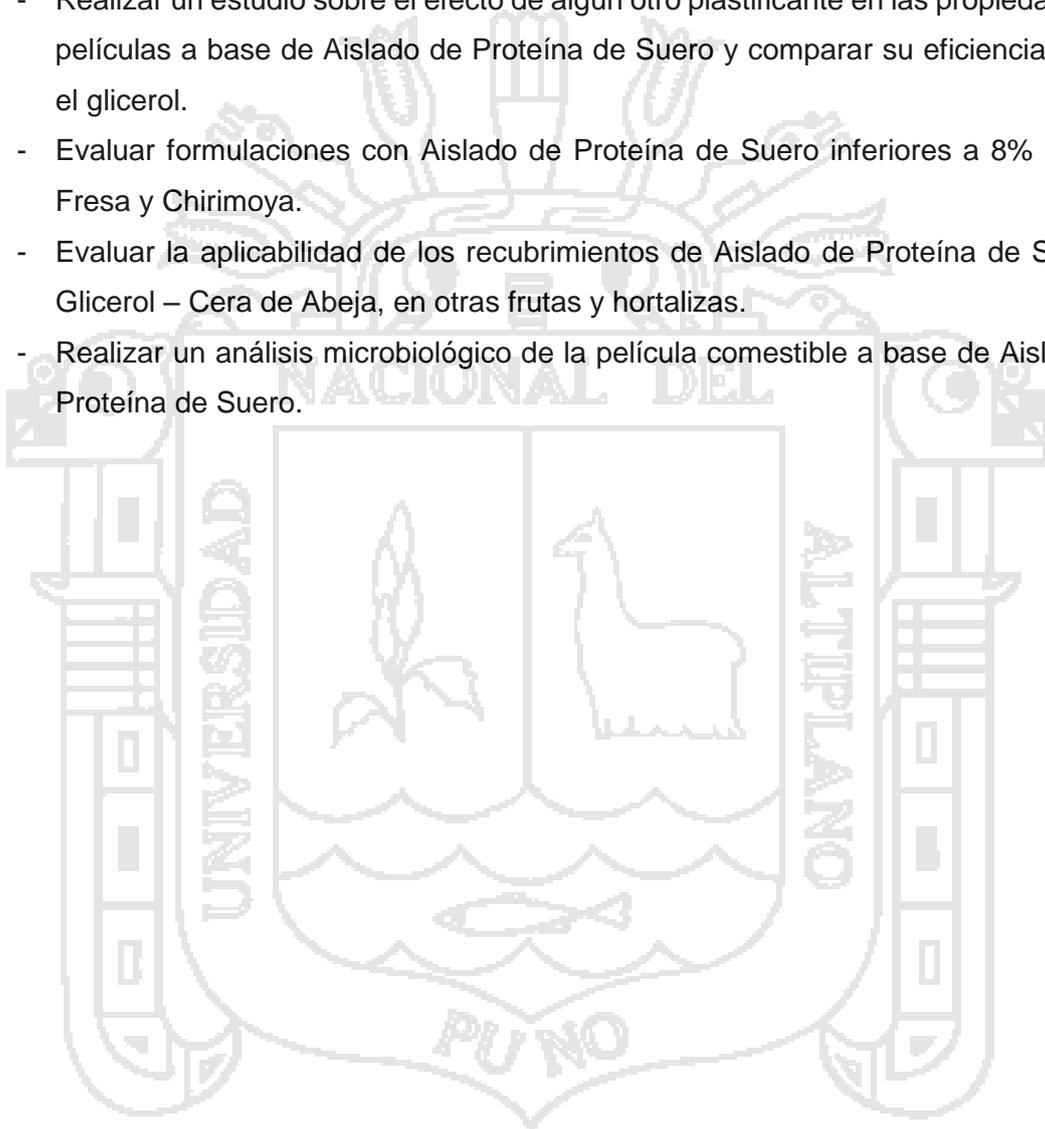
V. CONCLUSIONES

- La aplicación del recubrimiento para la fresa no fueron las más óptimas; los tratamientos (T1 y T2) con (10, 6)% y (10,4)% de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente, desarrollaron un recubrimiento con poca capacidad de adhesión al fruto, debido a la excesiva concentración de aislado de proteína de suero y también a que la fresa posee una piel delgada, con una superficie poco uniforme y porosa, acelerando de esta manera el deterioro de la fruta, sin embargo se obtuvo mejores resultados con los tratamientos T3 (8, 6)% y T4 (8, 4)%, debido a la reducción de aislado de proteína de suero y glicerol, por lo tanto es posible obtener un recubrimiento adecuado para la fresa, reduciendo las formulaciones en cantidades inferiores a las ya estudiadas.
- En la chirimoya los tratamientos (T1, T2 y T3) con (10, 6)%; (10,4)% y (8,4)% de Aislado de Proteína de Suero y Glicerol, respectivamente, desarrollaron un recubrimiento poco adecuado, debido a la concentración de aislado de proteína de suero que generó una excesiva impermeabilidad causando la fermentación y deterioro de la fruta, sin embargo se obtuvo mejores resultados con el tratamiento T4 (8, 4)%, debido a la reducción de aislado de proteína de suero y glicerol, por lo tanto para obtener un recubrimiento adecuado para la chirimoya, es necesario reducir las cantidades de Aislado de proteína de Suero a (6 y 4)%.
- El tratamiento con 10% de aislado de proteína de suero y 6% de Glicerol permitió el desarrollo de un efectivo método de conservación que prolongó la vida útil de la pera en fresco hasta 35 días a diferencia del tratamiento testigo con solo 17 días, debido a que la pera es un fruto con una estructura externa más compacta y consistente diferente a la fresa y chirimoya lo que permitió preservar la calidad de este fruto, además de retrasar la senescencia mediante la modificación de la atmósfera que lo rodea, evitando la pérdida de firmeza en 70%, pérdida de peso en 50% e índice de respiración en 60%. El tratamiento no afectó los parámetros de calidad como pH, acidez, sólidos solubles y permitió mantener el color de la pera prolongando la vida útil de la pera en por lo menos 106%.
- La evaluación sensorial en la pera tuvo resultados favorables con calificaciones de “excelente” del 90% de los jueces en apariencia general, así mismo el 85% calificó que se mantuvo la textura firme y consistente durante el almacenamiento, lo que confirmó que no hubo cambios o alteraciones en las propiedades organolépticas de

las peras recubiertas, es decir, presencia de olores y sabores desagradables, por lo tanto el uso de películas de Aislado de proteína de suero – Glicerol – Cera de Abeja, representar una excelente propuesta en el recubrimiento de la pera a escala comercial.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio sobre el efecto de algún otro plastificante en las propiedades de películas a base de Aislado de Proteína de Suero y comparar su eficiencia contra el glicerol.
- Evaluar formulaciones con Aislado de Proteína de Suero inferiores a 8% para la Fresa y Chirimoya.
- Evaluar la aplicabilidad de los recubrimientos de Aislado de Proteína de Suero – Glicerol – Cera de Abeja, en otras frutas y hortalizas.
- Realizar un análisis microbiológico de la película comestible a base de Aislado de Proteína de Suero.



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M., & Fenemma, O. (2008). *Desarrollo de Recubrimientos comestibles formados de mezquite*. Estados Unidos: Technomic Publishing Company.
- Arias, C. (2005). *Manual de manejo postcosecha de frutas y hortalizas*. Mexico: Hispano Americana.
- Armstrong, G. (2008). *Aparatos de Tratamiento de Suero de Leche*. Estados Unidos: Technomic Publishing Company.
- Asohofrucol, H. (2008). *Frutas y Hortalizas*.
- Barrios, E. (2007). *Metodologías para investigar la opinión del consumidor*. Valencia: Acribia.
- Basualdo, S. (2005). *Evaluación Sensorial de los Alimentos en teoría y práctica*. Mexico, Peru.
- Belitz, H., & Grosch, W. (2004). *Química de los Alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Beuvier, E., & Buchin, S. (2004). *Quesos de leche cruda. Quesos: Química, Física y Microbiología*. Estados Unidos: Journal Dairy Internacional.
- Calabrese, F. (2003). *Fruticultura Tropical y Subtropical*. Mexico.
- Carrillo, A. (2005). *Tratamiento y reutilización del suero de leche*. Mexico: Conversus.
- Cerdas, M., Umaña, G., & Castro, J. (2007). *Manual de manejo postcosecha de anona (Annona cherimola, Mill)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería Universidad de Costa Rica.
- Ciro, H. (2007). *Recubrimientos Comestibles para frutas y hortalizas frescas*. Medellín, Estados Unidos: Facultad Nacional de Agronomía.
- Csapó, J., Martín, G., Kiss, Z., & Hárás, Z. (2005). *Proteínas, grasas, vitaminas y concentraciones minerales en el calostro y la leche porcina*. Estados Unidos: Journal Dairy International.
- Dadhagenmaier, D., & Baker, A. (2006). *Recubrimientos comestibles de microemulsiones de cera de candelilla*. Mexico: Food Sci.
- Dominguez, L. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. Instituto de Investigación Nutricional.
- Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., & Sala, A. (2006). *Elaboración, caracterización y comparación de Películas Comestibles a base de aislado de proteína de suero lácteo (WPI)*. Uruguay. Universidad Católica de Uruguay.
- Escobar, D., Sala, A., & Silvera, C. (2009). *Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteína de suero lácteo*. Uruguay: Applied Science Publishers.
- Famá, L. (2006). *Películas comestibles de aplicación industrial*. Zaragoza - España: Acribia.
- FAO. (2006). *Fichas Técnicas - Productos frescos y Procesados*.

- Fenaille, F., Parisod, V., & Visani, P. (2006). *Las modificaciones de los componentes de la leche durante el procesamiento*. Estados Unidos: Journal Dairy International.
- Galiotta, G., Harte, F., & Molinari, D. (2004). *Aumento de la vida útil postcosecha, usando una película de proteína de suero de leche*. Uruguay: Universidad de la Republica Oriental.
- Galo, C. (2009). *Comportamiento de las películas de quitosano compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate*. Pensilvania: Technomic Publishing Company.
- Garcia, M., & Vicente, M. (2008). *Manual de prácticas de fisiología y manejo postcosecha*. México: UdG-CUCBA.
- Garcia, M., Martino, M., & Zaritzky, N. (2005). *Efecto de un Recubrimiento a base de almidon sobre la calidad de la fresa refrigerada*. Estados Unidos.
- González, M., Pérez, J., & Pérez, C. (2005). *Evaluación sensorial de queso tipo Cheddar recubierto con un Bioempaque elaborado a base de Aislado de Proteína de Suero (WPI) y cera de abeja*. Mexico. Instituto Tecnológico de Celaya.
- Grasell, M., Navarro, C., & Fernandez, L. (2008). *Que hacer con el suero de leche?* Revista de divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy.
- Guibert, S., Redl, A., & Gontard, N. (2005). *Ingeniería de Alimentos para el siglo 21*. Estados Unidos: CRC Press.
- Guzmán, G., Thibault, R., & Cuq, B. (2008). *Influencia de la humedad y la composición de la película sobre la permeabilidad de*.
- Hernandez, A. (2005). *Evaluación Sensorial*. Colombia: Acribia.
- Hideki, B. (2007). *Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas*. Acribia.
- Holcroft, D., & Kader, A. (2006). *Los cambios inducidos por dióxido de carbono en color y síntesis de antocianinas de la fresa en almacenamiento*. Estados Unidos.
- Illescas, J. (2008). *Frutas y hortalizas. Guía Práctica*. México, España.
- Kircher, S., & Usami, O. (2008). *Elaboración de productos lácteos*. Mexico: Trillas.
- Kitinoja, L. (2005). *Recubrimientos Comestibles para frutas y hortalizas*. Estados Unidos, Mexico.
- Konrad, G., & Kleinschmidt, T. (2008). *Un nuevo método para el aislamiento de alfa-lactoalbumina, natural del suero dulce*. Estados Unidos: Journal Dairy International.
- Landeta, M., & Tarazaga, L. (2010). *Estudio de películas y recubrimientos comestibles y sus aplicaciones en la Industria Alimentaria*. Buenos Aires: Studi Di Parma.
- Liria, M. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. Lima.
- Londoño, M. (2006). *Aprovechamiento del suero dulce de que doble para la elaboración de quesillo*. España: Acribia.

- Madrid, V., & Pantastico, E. (2008). *Refrigeración, congelación y envasado de alimentos*. España: Mundi - Prensa.
- Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. (2005). *Postcosecha - Extensión de la vida útil de aguacate mediante un recubrimiento comestible a base de metilcelulosa*. Technology Food Science and Technology.
- Malacarne, M., Martuzzi, F., Summer, A., & Mariani, P. (2005). *Algunas observaciones nutricionales con referencia al ser humano y leche de vaca*. Estados Unidos: Journal Dairy International.
- Marcelo, P., & Rizvi, S. (2008). *Propiedades Fisicoquímicas de la proteína líquida del Aislado de Proteína de Suero*. Estados Unidos: Journal Dairy International.
- Marzo, I. (2010). *Efecto del tipo de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína*. Estados Unidos: Food Technology.
- Mazorra, M. (2009). *Acondicionamiento y refrigeración de frutas- Seminario de postcosecha de frutas*. Ministerio de Agricultura de Chile.
- Mitcham, E. (2010). *Postharvest Technology Center*. Retrieved from <http://postharvest.ucdavis.edu/>.
- Navarro, T., & Maria, L. (2007). *Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa*. Valencia: Departamento de Tecnología de Alimentos.
- Nisperos, M., Krochta, J., & Baldwin, E. (2007). *Recubrimientos y películas comestibles para mejorar la calidad de los alimentos*. New York: Technomic Publishing Company.
- Pedraza, R. (2006). *Linea programática de buenas practicas agricolas y pecuarias para la cadena agroindustrial*. Colombia.
- Regalado, C., Magaña, F., & Guzman, C. (2005). *Diseño de la formulación de un material de empaque flexible y comestible a base de Aislado de Proteína de Suero*. España. Universidad Autónoma de Queretano.
- Revilla, A. (1996). *Tecnología de la leche*. Honduras: Reverte.
- Seller, C., Gennadios, A., McHuch, T., & Krochta, M. (2010). *Recubrimientos comestibles y películas para mejorar la calidad de los alimentos*. Estados Unidos: Technomic Publishing Company.
- Tawil, M. (2003). *Efecto de cubiertas de quitosano con características hidrofóbicas en la vida de anaquel de zanahorias minimamente procesadas*. Mexico.
- Velazquez, C., Naiman, D., & Akerman, M. (2006). *Almacenamiento prolongado del fruto de Aguacate mediante el envasado en atmosferas modificadas*. venezuela.
- Villarroel, L., Alvarez, J., & Maldonado, D. (2005). *Aplicación de Analisis de componentes principales en el desarrollo de productos*. Acta Nova.

Yaman, O., & Bayoindirli, L. (2002). *Efecto del recubrimiento comestible y almacenamiento en frío de la vida útil y calidad de las cerezas*. Estados Unidos: Food Science and Technology.

Yorgey. (2001). *Perfil Comercial de la fresa*. Mexico.



ANEXOS

ANEXO 1

PROCESO DE OBTENCIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE
(FOTOGRAFÍAS)

SELECCIÓN

CHIRIMOYA **FRESA**



PERA



LAVADO Y DESINFECTADO

CHIRIMOYA **FRESA**



INMERSIÓN

CHIRIMOYA	FRESA
------------------	--------------



PERA



SECADO Y ALMACENADO

CHIRIMOYA	PERA
------------------	-------------



ANEXO 2

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO BIODEGRADABLE A BASE DE AISLADO DE PROTEINA DE SUERO SOBRE LA VIDA ÚTIL DE LA CHIRIMOYA (*Annona cherimola*), FRESA (*Fragaria vesca*) y PERA (*Pyrus communis*)

NOMBRE : _____

FECHA : _____

Pruebe por favor las muestras en el orden que se le dan, e indique su nivel de agrado con cada muestra, marcando el punto en la escala que mejor describe su sentir para cada uno de los atributos.

1. Olor.

- a) Muy Intenso
- b) Intenso
- c) Poco Intenso.

2. Sabor.

- a) Dulce
- b) Agrio
- c) Sin Sabor

3. Textura.

- a) Duro
- b) Blando
- c) Muy Blando

4. Color.

- a) Muy Brilloso
- b) Brilloso
- c) Opaco

5. Apariencia General.

- a) Excelente
- b) Bueno
- c) Malo

Comentarios:
