

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y
COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA



TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA FRUTILLA
(*Fragaria sp.*) EN ESTADO DE POST-COSECHA CON DIFERENTES NIVELES DE
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNA

YESENIA CAHUAYA PAYE

La Paz – Bolivia

2021

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA FRUTILLA
(*Fragaria sp.*) EN ESTADO DE POST-COSECHA CON DIFERENTES NIVELES DE
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNA**

Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar el título
de Ingeniero en Producción y
Comercialización Agropecuaria.

YESENIA CAHUAYA PAYE

Tutor:

Ing. M. Sc. Brigido Moises Quiroga Sossa

Tribunal Examinador:

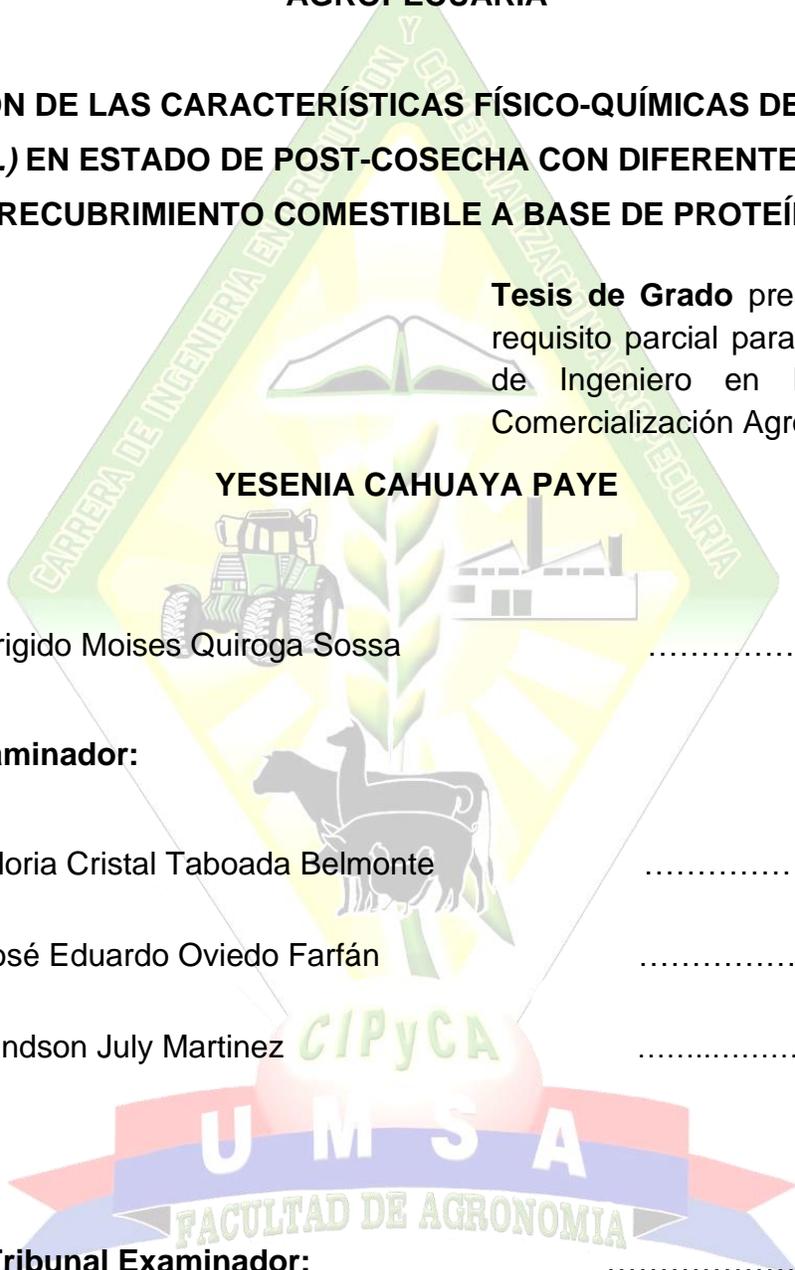
Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte

Ing. M. Sc. José Eduardo Oviedo Farfán

Ing. M.Sc. Windson July Martinez

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:



La Paz-Bolivia

2021

DEDICATORIA

A mi papá Bernardo Cahuaya, a mi mamá Lucia Paye, a mis hermanos José Luis, Cristhian, Aleyda y Sebastián, gracias por su paciencia y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por haberme guiado y permitido culminar mi trabajo.
- A toda mi familia, por el apoyo a mi formación profesional.
- A la Universidad Mayor de San Andrés, principalmente a la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria (**CIPyCA**), por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.
- A mi tutor Ing. M. Sc. Brígido Moises Quiroga Sossa, por su tiempo, observaciones y recomendaciones al trabajo de investigación. “Gracias ingeniero”.
- A mis revisores Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte, Ing. M. Sc. Jose Eduardo Oviedo Farfán, Ing. M. Sc. Windson July Martinez, por las observaciones y contribuciones al trabajo.
- A todos mis amigos, por la oportunidad de compartir momentos únicos.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de tecnología de alimentos de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicada en el municipio de Viacha, con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de diferentes niveles de recubrimiento comestible a base de proteína (2% T₁, 3% T₂, 4% T₃ y 5% T₄) en la Frutilla por su corta vida post-cosecha. Se evaluó: humedad, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH e índice de madurez, bajo un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos, cuatro repeticiones, se determinó la tendencia mediante regresión. Previo al recubrimiento la Frutilla presentó: 11,50 - 23,40 gramos, 8,00 - 11,20 °Bx, pH 3,41- 3,50, acidez titulable 0,91-1,11% e índice de madurez 0,08 - 0,11. La Frutilla con recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento presentó: disminución de humedad en 36.40%, 33.71%, 29.93%, 33.82% y 43,20%, incremento de solidos solubles totales en 13.12, 11.85, 11.45, 11.21 y 13,88 °Bx, incremento de pH en 3.448, 3.433, 3.430, 3.429 y 3.478, disminución de la acidez titulable en 0,580%, 0.590%, 0.640 %, 0.642% y 0.520%, incremento del índice de madurez en 0.222, 0.201, 0.179, 0.175 y 0.265, para los tratamientos T₁,T₂,T₃,T₄ y T₀ respectivamente. El precio unitario por kg de recubrimiento comestible a base de proteína incrementa en función al nivel de proteína, para el tratamiento T₁ 14.60 Bs/kg, T₂ 15.20 Bs/kg, T₃ 15.80 Bs/kg y T₄ 16.40 Bs/kg.

ABSTRACT

This work was carried out in the food technology laboratory of the Agricultural Production and Marketing Engineering Career of the Universidad Mayor de San Andrés, located in the municipality of Viacha, with the objective of determining the effect of the application of different levels of edible protein-based coating (2% T₁, 3% T₂, 4% T₃ and 5% T₄) in the Strawberry due to its short postharvest life. It was evaluated: humidity, total soluble solids, titratable acidity, pH and maturity index, under a random design with five treatments, four repetitions, so the trend was determined by regression. Prior to coating, the Strawberry presented: 11.50 - 23.40 grams, 8.00 - 11.20 °Bx, pH 3.41- 3.50, titratable acidity 0.91-1.11% and maturity index 0, 08 - 0.11. Strawberries with a protein-based coating in a storage period of 168 hours presented: humidity decrease in 36.40%, 33.71%, 29.93%, 33.82% and 43.20%, increase in total soluble solids in 13.12, 11.85, 11.45, 11.21 and 13,88 ° Bx, increase in pH in 3.448, 3.433, 3.430, 3.429 and 3.478, decrease in titratable acidity in 0,580%, 0.590%, 0.640 %, 0.642% and 0.520%, increase in maturity index in 0.222, 0.201, 0.179, 0.175 and 0.265, for treatments T₁, T₂, T₃, T₄ and T₀ respectively. The unit price per kg of edible protein-based coating increases depending on the protein level, for the treatment T₁ 14.60 Bs/kg, T₂ 15.20 Bs/kg, T₃ 15.80 Bs/kg, and T₄ 16.40 Bs/kg.

CONTENIDO

CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TEMAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Hipótesis.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Frutilla.....	4
3.1.1. Taxonomía	4
3.1.2. Composición química de Frutilla	5
3.1.3. Cosecha	6
3.1.3.1 Índice de madurez	7
3.1.3.2 Calidad del fruto	8
3.1.3.3 Manejo previo a la cosecha	9
3.1.3.4 Manejo posterior a la cosecha	9
3.1.4. Post-cosecha.....	10
3.1.5. Fisiología post-cosecha de Frutilla.....	10
3.1.6. Variedades	13
3.2. Recubrimiento comestible.....	13
3.2.1. Características de un recubrimiento comestible.....	14
3.2.2. Propiedades de los recubrimientos comestibles	14
3.2.3. Componentes de los recubrimientos comestibles	15
3.2.4. Formación de recubrimientos	19
3.2.5. Tecnologías para la aplicación de recubrimientos comestibles.....	19
3.3. Gelatina	20

3.4.	Carboximetilcelulosa (CMC)	21
4.	LOCALIZACIÓN	22
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
5.1.	Materiales.....	23
5.1.1.	Insumos.....	23
5.1.2.	Materiales de laboratorio	23
5.1.3.	Reactivos.....	23
5.1.4.	Materiales de gabinete	24
5.1.5.	Materiales de limpieza	24
5.2.	Metodología.....	24
5.2.1.	Procedimiento experimental	24
5.2.2.	Descripción del proceso de obtención del recubrimiento comestible	24
5.2.3.	Aplicación del recubrimiento comestible	27
5.3.	Diseño experimental.....	29
5.3.1.	Tratamientos en estudio	30
5.4.	Variables	30
5.4.1.	Análisis físico-químico	30
5.4.1.1	Humedad (%)	30
5.4.1.2	Sólidos solubles totales	31
5.4.1.3	pH.....	31
5.4.1.4	Acidez titulable (%).....	31
5.4.1.5	Índice de madurez	32
5.4.2.	Análisis económico.....	32
5.4.2.1	Costo total:	32
5.4.2.2	Costo unitario:	33
5.4.2.3	Precio del producto:.....	33
5.4.2.4	Beneficio costo	33
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
6.1.	Características físico químicas de la Frutilla	34
6.2.	Humedad de la Frutilla con recubrimiento (%)	35
6.2.1.	Tendencia de la perdida de humedad de la Frutilla con recubrimiento	38
6.3.	Sólidos solubles totales (°Bx)	38
6.3.1.	Tendencia de solidos solubles totales de la Frutilla con recubrimiento	41
6.4.	pH de la Frutilla	42
6.4.1.	Tendencia del pH de la Frutilla con recubrimiento	45

6.5. Acidez titulable de la Frutilla (%).....	45
6.5.1. Tendencia de acidez titulable de Frutilla con recubrimiento	48
6.6. Índice de madurez	49
6.6.1. Tendencia del índice de madurez de la Frutilla con recubrimiento.....	51
6.7. Análisis económico	52
6.7.1. Costos	52
7. CONCLUSIONES	54
8. RECOMENDACIONES.....	56
9. BIBLIOGRAFÍA.....	57
10. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición química de Frutilla (contenido en 100 gramos de peso en fresco) ...	6
Tabla 2.	Descripción del índice de madurez.....	8
Tabla 3.	Descripción de la calidad en la frutilla.	9
Tabla 4.	Características de los tratamientos.	25
Tabla 5.	Esquema del experimento.....	30
Tabla 6.	Características físico-químicas de la Frutilla sin recubrimiento.....	34
Tabla 7.	Análisis de varianza para humedad de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	35
Tabla 8.	Funciones de la pérdida de humedad de la Frutilla (%) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.	37
Tabla 9.	Análisis de varianza para sólidos solubles totales de la Frutilla (°Bx) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	39
Tabla 10.	Funciones de sólidos solubles totales (°Bx) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	40
Tabla 11.	Análisis de varianza para el pH de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	42
Tabla 12.	Funciones del pH de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	44
Tabla 13.	Análisis de varianza para la acidez titulable (%) de la Frutilla en respuesta a los diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.	46
Tabla 14.	Funciones de acidez titulable (%) de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.	47
Tabla 15.	Análisis de varianza para el índice de madurez de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.	49
Tabla 16.	Funciones de índice de madurez de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.	51
Tabla 17.	Costos para la obtención de 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína.....	52
Tabla 18.	Costo directo para 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína.....	53
Tabla 19.	Beneficio costo para la producción de 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Fruto de la Frutilla (<i>Fragaria s.p.</i>) utilizada en el trabajo.....	5
<i>Figura 2.</i> Índice de madurez de la frutilla.....	7
<i>Figura 3.</i> Diagrama de flujo para el proceso de obtención del recubrimiento comestible....	27
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo (Recubrimiento comestible)	29
<i>Figura 5.</i> Humedad de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento	36
<i>Figura 6.</i> Pérdida de humedad de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	36
<i>Figura 7.</i> Tendencia de la pérdida de humedad de la Frutilla (%) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	38
<i>Figura 8.</i> Sólidos solubles totales (°Bx) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	39
<i>Figura 9.</i> Sólidos solubles totales (°Bx) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	40
<i>Figura 10.</i> Tendencia de sólidos solubles totales de la Frutilla (°Bx) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	42
<i>Figura 11.</i> pH de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.	43
<i>Figura 12.</i> pH de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento.	43
<i>Figura 13.</i> Tendencia de pH de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	45
<i>Figura 14.</i> Acidez titulable de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	46
<i>Figura 15.</i> Acidez titulable de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	47
<i>Figura 16.</i> Tendencia de acidez titulable de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.....	48
<i>Figura 17.</i> Índice de madurez de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	50
<i>Figura 18.</i> Índice de madurez de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento.....	50
<i>Figura 19.</i> Tendencia de la acidez titulable de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Diagrama de flujo para la formulación del recubrimiento comestible a base de proteína.	64
Anexo 2.	Diagrama de flujo para la aplicación del recubrimiento comestible a base de proteína.	2
Anexo 3.	Fotografías de la fase experimental	3
Anexo 4.	Análisis económico para la producción de recubrimiento comestible	6

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, localizada en la ciudad de Viacha. La Frutilla (*Fragaria sp.*) se clasifica como un fruto no climatérico, es decir que su calidad gustativa no mejora después de la cosecha, solo aumenta color y disminuye la firmeza. (Becerra et al. ,2017). Según Cote (2011), la vida útil post-cosecha de la Frutilla es muy corta, debido principalmente al ablandamiento que sufre durante su maduración, convirtiéndolo en un fruto no comercial. Becerra et al. (2017), indica los problemas frecuentes en post cosecha son: deshidratación, pérdida de peso y daños mecánicos debido a la epidermis delgada con alto porcentaje de pérdida de agua debido a su alta tasa respiratoria, reducir estas pérdidas y mantener la calidad de un producto fresco es el objetivo de un recubrimiento comestible. Medina et al. (2016), señalan que en la actualidad se formulan recubrimientos para extender el tiempo de vida útil de la Frutilla, como: compuestos plastificantes como el glicerol que disminuye la temperatura de transición vítrea, los lípidos que reducen la permeabilidad al agua por ser hidrofóbicos, los polisacáridos y las proteínas que al ser hidrofílicos reducen la barrera a la humedad. El recubrimiento comestible crea una atmosfera al interior de esta, reduciendo la velocidad de respiración y por consecuencia retrasando el envejecimiento celular, de la misma manera crea una barrera a la transferencia de vapor de agua retrasando el deterioro de la fruta por deshidratación. Benhabiles et al. (2013), indican que, al realizar un recubrimiento a base de un polisacárido, redujo la pérdida de peso y conservo el brillo de la Frutilla. El trabajo tuvo como objetivo mantener las características físico químicas de la Frutilla (*Fragaria sp.*) en estado de post-cosecha con la aplicación de diferentes niveles de recubrimiento comestible a base de proteína, junto con otros coadyuvantes como la carboximetilcelulosa (CMC), aceite de coco y glicerina que son de grado alimenticio, Las variables estudiadas fueron: perdida de humedad, acidez titulable, sólidos solubles totales, pH, índice de

madurez y costos de producción. Para la evaluación estadística se empleó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y testigo con 4 repeticiones.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar las características físico químicas de la Frutilla (*Fragaria sp.*) en estado de post-cosecha con diferentes niveles de recubrimiento comestible a base de proteína.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la humedad de Frutilla (%) en post-cosecha, con y sin recubrimiento comestible a base de proteína.
- Determinar los sólidos solubles totales de Frutilla en post-cosecha, con y sin recubrimiento.
- Analizar el pH de la Frutilla en post-cosecha, con y sin recubrimiento comestible.
- Comparar la acidez titulable (%) de Frutilla en post-cosecha, con y sin recubrimiento.
- Determinar el beneficio/costo (B/C) del recubrimiento comestible a Frutilla en estado de post-cosecha.

2.3. Hipótesis

Ho = El recubrimiento comestible en la Frutilla a base de niveles de proteína no influye en sus características físico químicas, en el estado de post-cosecha.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Frutilla

Según la Norma Boliviana NB 319006:2007, la frutilla es un fruto proveniente de las variedades o cultivares del género *Fragaria*. La frutilla aparece en estado silvestre en América, Asia y Europa, como un fruto pequeño, se extendió en Europa hasta el siglo XIX, mientras en América ya se conocían distintas variedades de mayor tamaño (Quilo, 2016). Según Manosalva y Carrasco (2017), los españoles propagaron la frutilla a latitudes de los actuales territorios de Perú (Trujillo), Bolivia (Cochabamba), Ecuador (Quito), Colombia (sabana de Bogotá), Venezuela (valle de Caracas).

Según Guzmán (2016), en Bolivia, la mayor producción de frutilla se ubica en Municipio de Comarapa del departamento de Santa Cruz, Sin embargo, también se produce en Municipio de Pojo, departamento de Potosí en diferentes comunidades, y en Tarija y La Paz en pequeñas extensiones.

3.1.1. Taxonomía

- ✚ Reino: Plantae
- ✚ Orden: Rosales
- ✚ Familia: Rosaceae
- ✚ Subfamilia: Rosoideae
- ✚ Género: *Fragaria*
- ✚ Nombre científico: *Fragaria x ananassa*
- ✚ Nombre común: Frutilla, Fresa

Fuente: (Cochi, 2017).

3.1.2. Composición química de Frutilla

El fruto de Frutilla es un poli aquenio conocido botánicamente como eterio, en el que la parte comestible se lo llama receptáculo que aloja numerosos aquenios. (Chiqui y Lema,2010). Según Mc Leod, Aguila y Carcamo, cada pistilo debe ser polinizado, desarrollando una semila (Figura 3).



Figura 1. Fruto de la Frutilla (*Fragaria s.p.*) utilizada en el trabajo (Cahuaya, 2019).

Cano y corales indican que el fruto maduro de la Frutilla “compone aproximadamente en un 90% de agua y un 10% de solidos solubles” (pág. 9). Según Cumplido (2013), los principales azúcares solubles de Frutilla son la glucosa y fructosa, que constituyen más del 80 % de los azúcares totales y el 40 % del peso total seco.

“La glucosa, la fructosa y la sacarosa son los azúcares solubles que están presentes en el fruto de fresa en todas las etapas de maduración” (Cumplido, 2013, p.20).

Tabla 1.

Composición química de Frutilla (contenido en 100 gramos de peso en fresco)

Componentes	Valor medio de la materia
Agua (g)	92.0
Proteínas(g)	0.6
Ácido elagico(mg)	0.09-0.4
Carbohidratos totales (g)	7.0
Fibra(g)	0.5
Vitaminas	
Vitamina C (mg)	56.7
Otras(mg)	<0.5
Minerales	
Calcio(mg)	14
Hierro(mg)	0.4
Fosforo (mg)	19.0
Magnesio(mg)	10.0
Potasio(mg)	166.0
Sodio(mg)	1.0
Zinc, cobre, manganeso (mg)	<0.5
Lípidos	
Saturados(mg)	0.052
Mono insaturados(mg)	0.186
Poliinsaturados(mg)	0.0
Colesterol(mg)	12.0
Fito esteroides(mg)	522.0

Fuente: (Cumplido, 2013).

3.1.3. Cosecha

La cosecha de la frutilla debe realizarse con mucho cuidado, evitando al máximo la producción de golpes y heridas debido a la alta perfectibilidad del fruto. Por este motivo la recolección manual es el método más utilizado, actividad que se debe realizar en las

horas más frescas del día para evitar la deshidratación y para que conserven sus características organolépticas (Escobar, 2011).

La plantación de brotes nuevos se lleva a cabo un año de por medio en la renovación bianual del cultivo. La correcta ubicación de las raíces es clave para evitar fallas en el prendimiento. Luego de pasar unos días se lleva a cabo un replante para reemplazar aquellas mal plantadas.

Según Guía (s.f.), una cosecha eficiente consiste en recoger la mayor cantidad de fruta, sin provocarle daños físicos ni heridas que la desmejoren y/o resten calidad, en el tiempo más breve y al más bajo costo posible.

3.1.3.1 Índice de madurez

Según Morales (2017) un punto representativo para la cosecha de la frutilla es el color. El índice de madurez nos muestra el grado de maduración de la planta que no es homogénea, para la frutilla se comenzará la recolección cuando el fruto ha adquirido el color típico de la variedad, al menos $2/3$ a $3/4$ de su color rojo.

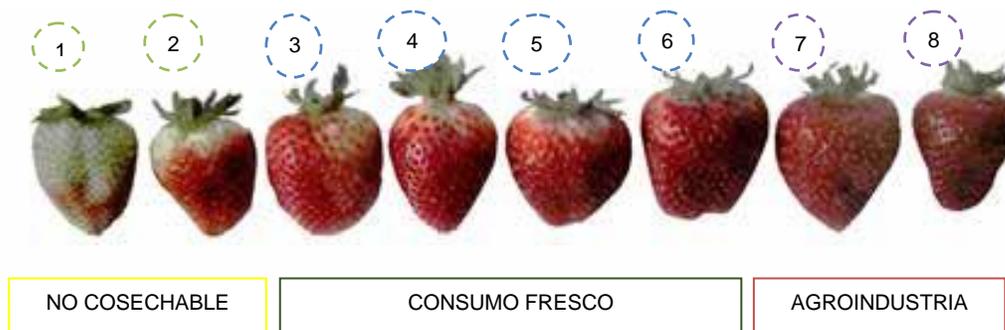


Figura 2. Índice de madurez de la frutilla. (Fuente: Escobar, 2011)

Tabla 2.*Descripción del índice de madurez*

Índice de madurez	Descripción del índice de madurez a base de color
1	Fruto de color blanco verdoso bien desarrollado, a este estado se le conoce como madurez fisiológica.
2	El fruto es un de color blanco verdoso, con algunas áreas de color rosa en la zona apical.
3	Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical.
4	El color rojo puro cubre hasta la zona media del fruto y la zona de cáliz presenta visos rosados.
5	Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz
6	El color rojo intenso aumenta y empieza a cubrir la zona del cáliz.
7	El color intenso cubre todo el fruto.
8	El color se torna más rojo.

Fuente: Escobar (2011).

3.1.3.2 Calidad del fruto

La calidad de la Frutilla lista para el consumo es primordial para el consumidor. La condición de la fruta depende del transporte y manipulación de manera que llegue de forma satisfactoria al lugar de destino.

Según Morales (2017), se debe tomar en cuenta las siguientes características para la calidad de la frutilla:

Tabla 3.*Descripción de la calidad en la frutilla.*

Calidad del fruto	Descripción
visible	Color de aspecto brillante, tamaño de fruta acorde a la variedad y forma cónica, peso entre 20 y 50 g, con firmeza adecuada y sin problemas de deshidratación.
Calidad organoléptica	Contenido adecuado de azúcares (9° a 13°Brix) y ácidos que determinan el sabor característico de la especie (160 mg/100g) y compuestos volátiles responsables del aroma de la fruta, sin presencia de olores extraños.
Calidad nutritiva	Alto contenido en fibra, contiene beta caroteno, precursor de la vitamina A, alto en vitamina C, capacidad antioxidante dada por la presencia de ácido ascórbico (orgánico y antioxidante), ácido elágico (poli fenol). Bajo aporte de calorías.

Fuente: Morales (2017).

3.1.3.3 Manejo previo a la cosecha

Defilippi, Robledo y Becerra (2017), recomiendan mojar los caminos para evitar la contaminación de la fruta por el polvo en suspensión, del mismo modo mantener la higiene de los materiales, como también los trabajadores e insumos que pueden ser vectores de patógenos que afecten al consumidor.

3.1.3.4 Manejo posterior a la cosecha

La cosecha se la realiza a mano, tomando la fruta por el pedúnculo, cortándolo de 0,5 a 1,0 cm desde el cáliz. (Defilippi et al, 2017). Se debe evitar el exceso de presión de los

dedos, el cosechador no debe juntar las frutas en las manos y tampoco presionarlas ya que se provocan lesiones que disminuyen la calidad y conservación.

3.1.4. Post-cosecha

Alcantara (2009), indica que los productos hortofrutícolas después de cosechados siguen vivos, por lo tanto, respiran y al hacerlo liberan energía y calor, además pierden humedad, y están sujetos a diversos cambios y al deterioro. Es por ese motivo que, las condiciones del manejo post-cosecha tienen influencia sobre los procesos fisiológicos de estos productos. Al respecto Morales (2017), menciona que en post-cosecha el ambiente debe contener bajos niveles de oxígeno, dado que un alto metabolismo respiratorio hace que la frutilla tenga muy corta vida de post-cosecha. Las frutas una vez cosechadas cuentan únicamente con las reservas de nutrientes almacenados y como ya no puede reponerlos, en la medida en que se van agotando tales reservas se produce el proceso de senescencia o envejecimiento.

3.1.5. Fisiología post-cosecha de Frutilla

A lo largo del desarrollo, los frutos blandos comparten algunas características entre ellas, el crecimiento y la maduración. (Cumplido, 2013). La maduración es un proceso fisiológico de corta duración donde se desarrollan las propiedades organolépticas que le hacen aptos para el consumo.

En el estado post-cosecha de Frutilla presenta problemas que afectan su calidad entre ellos:

a) La deshidratación o pérdida de peso

La frutilla tiene alto porcentaje de pérdida de agua debido a su tasa respiratoria y su piel delgada. (Caudillo, 2016), al respecto Blandón (2012), menciona que los cambios fisiológicos normales se intensifican cuando el fruto se expone a temperaturas

elevadas o modificaciones de la composición de la atmosfera o contaminaciones causado sabores desagradables.

b) Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales son el conjunto de determinados azúcares, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, las proporciones dependen de las variedades. (Cano y Corales, 2014). Según Vicente (2004), la Frutilla tras su recolección, continúa con las 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,

c) Daño mecanico

La estructura de la frutilla se caracteriza por tener una cutícula delgada y una pulpa blanda, la cual la hace muy susceptible a golpes, heridas cicatrizadas o presiones con los dedos al cosechar la fruta, y se hacen evidentes en el almacenamiento o la comercialización. (Moncayo, 2013).

d) Enfermedades

Según Caudillo (2016), una fuente importante de deterioro de la frutilla son los organismos que actúan sobre la fruta descomponiéndola, por lo tanto, son consideradas la principal causa de pérdida en post cosecha, como ser el caso de la pudrición por *Botrytis* o moho gris causada por *Botrytis cinérea*, donde el tejido afectado se caracteriza por presentar micelio blanco que se torna gris cuando se produce la esporulación. La pudrición por *Rhizopus* es causada por el hongo *Rhizopus stolonifer*, cuyas esporas están presentes en el aire, este hongo se caracteriza por el ablandamiento del fruto y exudado, llegando a deteriorar a la frutilla, impidiendo su consumo.

e) Respiración

La respiración (oxidación biológica) es la descomposición por oxidación de moléculas de sustratos complejos presentes en células de plantas. (Blandón, 2012). Según Caudillo (2016) indica que esta reacción metabólica produce la liberación de energía a través de la ruptura de los compuestos de carbono y la formación de esqueletos necesarios para el mantenimiento de la organización celular. Blandón (2012), a su vez destaca que el propósito principal de la respiración es mantener un suministro adecuado de Adenosina trifosfato (ATP). Mientras Caudillo indica que basándose en los patrones de respiración y producción de etileno (C_2H_4) durante la maduración, los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos.

Los frutos no climatéricos maduran en la planta, su calidad como alimento disminuye si se recolecta antes de que maduren plenamente, pues su contenido en azúcares y en ácidos no sigue aumentando. Su ritmo de respiración va reduciéndose gradualmente durante el crecimiento y después de la cosecha, con una maduración gradual como por ejemplo el limón, sandía y piña.

Los frutos climatéricos pueden cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo, pero no han empezado a madurar. Esos productos pueden madurarse natural o artificialmente. El comienzo del proceso de maduración se acompaña de un rápido aumento de la velocidad de respiración, llamado climaterio respiratorio. Tras el climaterio el proceso de respiración se vuelve más lento, al tiempo de que el fruto madura y adquiere mayor calidad como alimento como ser el caso del mango, palta y plátano. La frutilla está considerada como una fruta no climatérica, no presentan crisis climatérica, es decir, se debe recolectar casi en su punto de madurez comercial ya que una vez cortada de la planta no mejoraran sus características organolépticas (sabor, aroma y color).

3.1.6. Variedades

Las cuantiosas variedades cultivadas de frutilla derivan de la especie de *Fragaria vesca*, dentro de ellas existen:

- **Variedades de día corto:**

Como menciona Mendoza (2006), entre aquellas variedades se encuentran: oso grande, camarosa, monterrey, en estas variedades su inducción floral ocurre cuando los días son más cortos y las temperaturas medias son moderadas, llegando al reposo en invierno. Según Ruiz (2015), las Frutillas de esta variedad presentan un grueso calibre y son recomendados para su exportación.

- **Variedades de día neutro:**

En estas variedades la inducción floral ocurre independiente del fotoperiodo (número de horas de luz), las yemas son inducidas en forma permanente, entre las más conocidas se encuentra la Sweet Charly.

3.2. Recubrimiento comestible

Los recubrimientos comestibles son definidos como una fina capa de material comestible, que se incorpora en un alimento como cubierta para extender la vida útil de vegetales frescos (Fernández, 2017). Para Chávez (2019), los recubrimientos son matrices delgadas que se utilizan como protección para los alimentos y formar una barrera protectora que reduce la respiración y retarda el proceso de senescencia, la eficacia de las capas protectoras depende del control de la humedad. Según García y Pinzón (2016), los recubrimientos funcionan como una barrera de resistencia contra la migración de gases y de agua y proveen un mayor tiempo de conservación del

producto. Así mismo Ruiz (2015), menciona que el primer método como recubrimiento comestible sobre frutas fue el encerado.

3.2.1. Características de un recubrimiento comestible

Según Valencia y Torrez (2016), los recubrimientos comestibles (RC) forman una barrera semipermeable a los gases y vapores y pueden mantener y mejorar la calidad, seguridad y estabilidad de los productos recubiertos. Mientras Vázquez y Guerrero (2013), indican que las efectividades de un recubrimiento comestible en frutas dependen del control de la humedad y la capacidad de la matriz para mantener compuestos de diversa funcionalidad, debido a que la pérdida de los componentes afecta el espesor del recubrimiento y su solubilidad en el agua.

3.2.2. Propiedades de los recubrimientos comestibles

El mecanismo que desarrollan los recubrimientos comestibles es crear una barrera física (de Lorena, 2018). Parzanese (s.f.), indica que las características físicas y mecánicas de los recubrimientos dependen directamente de su formulación y de éstas, el uso final, dentro de las más importantes se encuentran:

a) Barrera de gases

Un recubrimiento comestible busca controlar el intercambio de O₂, CO₂ y vapor de agua, dependiendo de las condiciones de la humedad que se encuentra la fruta. Silva *et al.* (2013), indica que la mayoría de los polímeros de fuentes naturales, poseen buenas propiedades de barrera, ya que son semi permeables a los gases.

b) Permeabilidad al vapor de agua

Trejo, Ramos y Pérez (2007), indican que se han realizado estudios sobre la relación que existe entre la permeabilidad al vapor de agua y el tipo de componentes de la

película o recubrimiento. Se ha observado relación entre el grosor de películas elaboradas con base de quitosano, y plastificantes como los polioles, glicerol, sorbitol, poli etilenglicol encontrando que un incremento en el grosor aumenta la permeabilidad al agua.

c) Barrera contra la luz RUV, pérdida de color y opacidad

Como menciona Solano, Alamilla y Jiménez (2018), la luz actúa como catalizador de procesos de oxidación y degradación en los compuestos nutricionales de los alimentos, por lo que para evitarlos se adicionan componentes específicos que absorben la luz en el espectro de UV/Vis.

El brillo es una característica deseada en frutas y verduras por lo que se busca obtener equilibrio entre la calidad sensorial y la nutricional de estos alimentos. Para evitar la rancidez de lípidos y la degradación de ácido ascórbico y por lo tanto el oscurecimiento, se han estado utilizando extractos de plantas, tal es el caso de aceites de orégano, romero y coco.

3.2.3. Componentes de los recubrimientos comestibles

Es importante destacar que las características funcionales de los recubrimientos de basan directamente en la materia prima utilizada para su elaboración. Según Parzanese (s.f), los componentes que forman parte de la formulación del recubrimiento comestible se clasifican en tres categorías

a) Hidrocoloides

Los Hidrocoloides son polímeros hidrofílicos que (contienen grupos oxhidrilos -OH) de origen vegetal, animal o microbiano, producen un elevado aumento de la viscosidad y tienen efectos gelificantes ya que se disuelven y dispersan fácilmente en agua. (Parzanese, s.f). Según Ancos (2015), Gonzales, Colina y Sánchez (2015), los

hidrocoloides están constituidos por polisacáridos (derivados de celulosa, almidón, quitosano, alginatos, carragenanos, gelanos, pectinas de fruta) y proteínas de origen animal (gelatinas, caseínas y albuminas o proteínas de suero de leche) o de origen vegetal (soja, zeína de maíz), es así como los hidrocoloides son excelentes como barrera frente al O₂, CO₂ y lípidos, la desventaja es que por ser hidrofílicos permiten el transporte de humedad.

b) Polisacáridos

Según Osmosis (2015), los recubrimientos elaborados a partir de polisacáridos pueden adherirse a las superficies de frutas y vegetales, sirviendo como barrera para evitar la transferencia de gases, por lo que tienen la capacidad de modificar el ambiente interno de un alimento. Los polisacáridos más utilizados son: Los almidones, alginatos, pectinas, carrageninas y derivados de la celulosa, quitina y quitosano. A su vez Solano (2018), indica que los recubrimientos comestibles elaboradas con estos compuestos resultan frágiles, con poca resistencia al agua, sin embargo, tienen la capacidad de reaccionar de manera irreversible con cationes metálicos polivalentes como los iones de calcio para producir polímeros insolubles en agua.

c) Proteína

Los polímeros naturales como las proteínas, ofrecen una gran oportunidad para ser utilizados como materia prima en la elaboración de recubrimientos comestibles debido a su biodegradabilidad y a que puede suplementar el valor nutritivo de los alimentos. (Montalvo et al, 2012). Según Vázquez (2013), menciona que las proteínas forman recubrimientos con barreras más débiles que los polisacáridos al vapor de agua por su naturaleza hidrofílica, pero por otro lado desarrollan buenas propiedades de barrera de oxígeno, lo que ayuda a controlar el intercambio de gases entre el fruto y el medio ambiente. Dentro de los recubrimientos a base de proteínas, tenemos aquellas que son de origen vegetal, estas tienen un bajo contenido de proteína, siendo los polisacáridos el componente mayoritario de las mismas, sin embargo, Montalvo, López y Palou

(2012), indica que los cereales y las leguminosas tienen un mayor contenido de proteínas en su composición, siendo aisladas y estudiadas para la formación de recubrimientos comestibles. Dentro de las principales proteínas tenemos: La caseína, colágeno y zeína.

d) Colágeno

El colágeno es una proteína de origen animal, que clasifica como fibrosa y se encuentra presente en la piel y tejidos conectivo, que tiene puentes intra e intermoleculares debido a la formación de enlaces covalentes que se forman en la matriz polimérica. (Montalvo et al, 2012). Según Ancos (2015), los recubrimientos obtenidos a partir de este material se han utilizado para embutidos, ya que presenta una buena barrera a los gases y buena propiedad mecánica. Con la hidrólisis parcial del colágeno, llevada a cabo en condiciones alcalinas y temperaturas de 60°C, se obtiene la gelatina que es caracterizada por ser flexible e impermeables al oxígeno.

e) Lípidos

Los lípidos están formados por compuestos hidrofóbicos no polímeros con buenas propiedades de barrera para la humedad. Según Ancos (2015), indica que los lípidos tienen poca resistencia para formar recubrimientos, pero reducen la transpiración, la deshidratación, llegando a mejorar el brillo y el sabor de la fruta. Entre los lípidos que generalmente se usan se encuentran las ceras, ácidos grasos y mono glicéridos (glicerol). (Osmosis, 2015). A su vez Vázquez (2013), indica que los lípidos en una matriz de polisacáridos, proporcionan resistencia mecánica al recubrimiento comestible. Al incorporar lípidos a soluciones de hidrocoloides para formar recubrimientos, se mejoran las características de barrera al agua.

f) Aditivos

Según Fernández *et al* (2017), en la elaboración de recubrimientos se pueden incorporar aditivos que influyan en las características mecánicas, físicas y sensoriales. Escobar *et al* (2009), mencionan que los aditivos pueden ser plastificantes, antimicrobianos, surfactantes y emulsionantes. Los plastificantes son moléculas de baja masa molar y volatilidad y con naturaleza química similar a la del polímero formador del recubrimiento. (Solano *et al*, 2018). Mientras Maccapa (2015), indica que el uso de altas concentraciones de plastificantes incrementa el porcentaje de elongación, se ha observado que una mayor cantidad de glicerol permite mejor flexibilidad, sin embargo, la permeabilidad al vapor de agua disminuye.

Fernández *et al* (2015), menciona que generalmente en las formulaciones a base de polisacáridos y de proteínas se requieren de plastificantes como el glicerol para aumentar la flexibilidad de los recubrimientos afectando la capacidad de atracción de agua del sistema y la permeabilidad al oxígeno de los recubrimientos comestibles. Según Zevallos (2017), menciona que en la industria de los alimentos los plastificantes que se utilizan son: Monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos (glucosa, jarabes de fructosa o glucosa, miel), los Polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y los derivados del glicerol) y los lípidos y derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster, fosfolípidos y surfactantes).

g) Glicerol

Piedrahita y Villegas (2016), mencionan que el propanotriol, glicerol o glicerina ($C_3H_8O_3$), es un alcohol con tres grupos hidroxilos ($-OH$). Es uno de los principales productos de la degradación digestiva de los lípidos, paso previo para el ciclo de Krebs y también aparece como un producto intermedio de la fermentación alcohólica. El glicerol es uno de los plastificantes más populares empleados en la formulación de recubrimientos comestibles, debido principalmente a su estabilidad y a su

compatibilidad con biopolímeros hidrofílicos. Se utiliza principalmente para dar textura y flexibilidad. (Parra, 2017).

3.2.4. Formación de recubrimientos

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 del recubrimiento, así como la densidad, la porosidad, permeabilidad, flexibilidad y fragilidad del recubrimiento (Escobar *et al*, 2009). Según Maccapa (2015), 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 del recubrimiento.

3.2.5. Tecnologías para la aplicación de recubrimientos comestibles

Actualmente se desarrollaron varios métodos para la correcta aplicación de las matrices comestibles sobre los alimentos. Parzanese (s.f.), menciona que existen tres técnicas destacadas:

a) Inmersión

Consiste en la aplicación de las matrices comestibles sumergiendo el alimento en la solución filmogénica preparada. Se utiliza especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es importante que el producto a tratar esté previamente lavado y secado, y que una vez retirado de la solución se deje drenar el excedente de solución para lograr un recubrimiento uniforme.

b) Spray

Esta técnica se basa en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener recubrimientos comestibles más finos y uniformes. Se usa en alimentos de

superficie lisa o para la separación de componentes de distinta humedad de un alimento compuesto.

c) Casting

Mediante esta técnica se obtienen películas o films pre moldeado. Consiste básicamente en la obtención de una dispersión uniforme compuesta por biomoléculas (proteínas, polisacáridos, lípidos), plastificante y agua. Luego se vierte sobre una placa de material inocuo (acero inoxidable) donde se deja secar para que se forme el film o película.

3.3. Gelatina

La gelatina es una proteína purificada que se obtiene del colágeno de animales, mediante la hidrólisis. (CPFEUM, 2015), Según Ruíz, (s.f.), la gelatina es el resultado de la separación de las cadenas que conforman la triple hélice de la molécula del colágeno, la cual ocurre por el rompimiento de los puentes de hidrógeno que unen a las tres cadenas de la colágena. La gelatina contiene a estas moléculas como cadenas lineales individuales. Cada cadena de la molécula de gelatina, se compone por la secuencia de amino e iminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

Sántiz (2012), indica que la conversión de colágeno a gelatina puede llevarse a cabo mediante dos procesos: el alcalino o el ácido, dependiendo del proceso utilizado se derivan dos tipos de gelatina (tipo B y tipo A), respectivamente. El proceso alcalino consiste en someter a la materia prima en una solución alcalina durante el pre tratamiento, este tipo de pre extracción se realiza cuando la materia prima son huesos, cartílagos y piel de bovino. El proceso ácido consiste en tratar a la materia prima con 12 soluciones ácidas realizándose generalmente en piel de cerdo y pescado. Por otro lado, ambos pre tratamientos pueden llegar a excluir la degradación del colágeno por proteasas endógenas y minimizar la rotura enzimática de enlaces peptídicos intermoleculares e intermoleculares de colágeno durante la extracción. De la misma

manera Serna *et al* (2007), indica que se busca con estos pre tratamientos es eliminar el material no colagenoso de la materia prima, hinchar las partículas fibrosas de colágeno y debilitar las uniones de las cadenas proteicas por hidrólisis topográfica química, de modo que en la conversión a gelatina por agua caliente y vapor se produzca la ruptura final de uniones covalentes presentes en las moléculas de tropo colágeno, conservando la proteína un elevado peso molecular.

3.4. Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa (CMC) es “el éter más importante deriva de la celulosa” (Teran y Escalera, 2007, p.2.), su carácter higroscópico, alta viscosidad en soluciones diluidas, formando buenas propiedades para formar películas, Según Reyes, Gonzales y Luna (2011), indican que el CMC se produce por modificación química de la celulosa, pasando por un proceso de síntesis, buscando introducir, en las unidades repetitivas de la celulosa, grupos químicos de “carboximetil de sodio” ($\text{CH}_2 \text{COONa}$), los cuales le darán al producto obtenido cierto grado de solubilidad en agua, propiedad que no presenta la celulosa.

4. LOCALIZACIÓN

El trabajo se realizó en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria “CIPyCA” de la Universidad Mayor De San Andrés, ubicada en la ciudad de Viacha, provincia de Ingavi, a 22 Km de la ciudad de La Paz, entre 16°39'18” de latitud sur y 68°18'06” de longitud oeste, con una altitud entre 3850 y 3940 m.s.n.m. (INE- atlas de municipios Bolivia).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Insumos

- + Frutilla
- + Gelatina neutra
- + Glicerol
- + Aceite de coco
- + Carboximetilcelulosa (CMC)

5.1.2. Materiales de laboratorio

- + Balanza analítica
- + Termómetro de 100°C
- + Homogeneizador (baño maría)
- + Bureta
- + Horno de secado
- + Cocina
- + pH metro
- + Vasos de precipitado de 100 ml
- + Probetas de 1000 ml
- + Pipetas de 10 ml - 3 ml
- + Erlenmeyer de 200 ml

5.1.3. Reactivos

- + Fenolftaleína al 1 %
- + Agua destilada
- + Hidróxido de sodio al 0,1 NaOH

- ✚ Alcohol potable
- ✚ Indicador de Ph

5.1.4. Materiales de gabinete

- ✚ Libreta de apuntes
- ✚ Etiquetas e identificadores
- ✚ Bolígrafos
- ✚ Equipo de computación

5.1.5. Materiales de limpieza

- ✚ Guantes látex
- ✚ Cofia
- ✚ Guardapolvo
- ✚ Barbijo

5.2. Metodología

5.2.1. Procedimiento experimental

En el estudio de investigación se empleó recubrimiento comestible con diferentes niveles de proteína (gelatina), para la conservación de la Frutilla (T_1 2%, T_2 3%, T_3 4% y T_4 5%), frente a un tratamiento testigo (T_0), durante 168 horas de almacenamiento.

5.2.2. Descripción del proceso de obtención del recubrimiento comestible

a) Materia prima

Se utilizó Gelatina neutra en polvo, procedente de la empresa Sensorial S.R.L., carboximetilcelulosa de sodio (CMC- estabilizador en polvo) y glicerina líquida.

b) Recepción

Se recibió la materia prima a utilizar, realizando la verificación inmediata de la calidad tales como: la fecha de producción, fecha de vencimiento, pureza, certificado de calidad.

c) Formulación

El recubrimiento fue preparado a partir de gelatina neutra, carboximetilcelulosa (CMC), en agua purificada. Se prepararon soluciones de 2%, 3%, 4%, 5% de gelatina, incorporando CMC al 0,75%, para la emulsificación agregamos 1% de aceite de coco y como plastificante glicerol (al 0,75%).

En el proceso de obtención, se desarrollaron las formulaciones que se presentan en la tabla No. 4

Tabla 4.

Características de los tratamientos.

Recubrimiento	% GELT.	% GLIC.	% CMC	%AEC	%AGUA
T ₀ - Testigo	0	0	0	0	0
T ₁	2%	0,75	0,75	1	95,5
T ₂	3%	0,75	0,75	1	94,5
T ₃	4%	0,75	0,75	1	93,5
T ₄	5%	0,75	0,75	1	92,5

GELT: Gelatina **GLIC:** Glicerina **CMC:** Carboximetilcelulosa **AEC:** Aceite de coco

Fuente: (Cahuaya,2019)

a) Disolución

Se disolvió por cada 100 ml de agua purificada la formulación indicada anterior mente.

b) Calentamiento

Se procedió a calentar el agua purificada a 65-75 °C, con el fin de obtener una mezcla homogénea y la disolución sea efectiva para cada tratamiento.

c) Adición de insumos

En esta etapa del proceso a una temperatura de 65- 75 °C, con agitación constante se añadió los ingredientes en el siguiente orden: Proteína (Gelatina), carboximetilcelulosa (CMC).

d) Homogenización

Se mezclaron de manera homogénea todos los insumos, luego se disminuyó la temperatura hasta 20° C donde se adiciona el aceite esencial de coco y la glicerina líquida.

e) Enfriamiento

Finalmente, el recubrimiento comestible a base de proteína para cada tratamiento se mantuvo a 20-25°C con la finalidad de que la sustancia tome consistencia viscosa, homogénea y transparente.

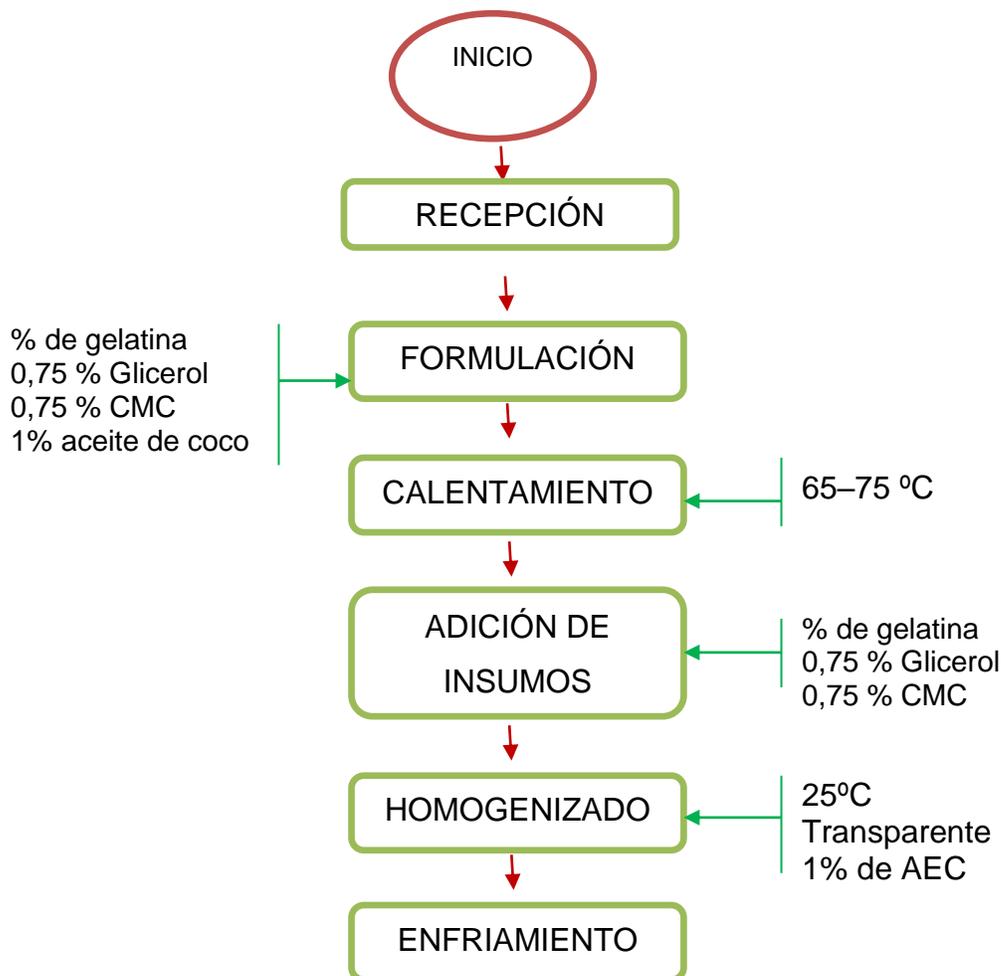


Figura 3. Diagrama de flujo para el proceso de obtención del recubrimiento comestible.

5.2.3. Aplicación del recubrimiento comestible

a) Materia prima

Se utilizó para todos los tratamientos como materia prima, Frutillas, con estado de madurez de nivel 5-6 de acuerdo al color, con un peso promedio de 22 gramos cada una, las mismas que fueron adquiridas en el mercado de Villa Dolores de la ciudad de El Alto.

b) Selección

Se separó aquellas Frutillas que presentan daño mecánico referente a tamaño, forma, color uniforme y sin daños mecánicos o microbianos.

c) Lavado y desinfección

Las Frutillas fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio (2ml/litro), por inmersión, durante 5 minutos.

d) Inmersión

Para la aplicación del recubrimiento comestible a base de proteína, verificando que la Frutilla este desinfectada y seca, se realizó la inmersión, en la solución de recubrimiento a 20 grados centígrados.

e) Secado

Para facilitar el secado se lo extendió en colgadores sépticos por 24 horas.

f) Almacenado

Finalmente fueron almacenadas a temperatura ambiente por 168 horas.



Figura 4. Diagrama de flujo (Recubrimiento comestible)

5.3. Diseño experimental

Las unidades experimentales fueron distribuidas bajo un diseño completamente al azar (DCA) (Ochoa, 2019) con cinco tratamientos (% de proteína) cada uno con cuatro repeticiones, haciendo un total de 1200 unidades experimentales.

El modelo lineal diseño completamente al azar (DCA)

$$Y_{ij}=u+ai+\varphi_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = observación cualquiera
 u = media general
 α_i = efecto de i-esimo tratamiento
 φ_{ij} = error experimental

5.3.1. Tratamientos en estudio

Tabla 5.

Esquema del experimento

Recubrimiento	Código	Repeticiones	T.U.E.	Total
Testigo	T0	4	60	240
Proteína 2%	T1	4	60	240
Proteína 3%	T2	4	60	240
Proteína 4%	T3	4	60	240
Proteína 5%	T4	4	60	240

Fuente: Elaboración propia

5.4. Variables

5.4.1. Análisis físico-químico

5.4.1.1 Humedad (%)

La humedad se determinó por gravimetría, tomando el peso inicial (peso de Frutilla pasada las 24 horas de aplicación del recubrimiento) y el peso final (peso de Frutilla a las 168 horas de almacenamiento), expresando los resultados como porcentaje de humedad.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

5.4.1.2 Sólidos solubles totales

Se realizó de acuerdo a la norma boliviana (NB) 325005, indicada por IBNORCA con un refractómetro, este procedimiento se realizó inicialmente con la extracción del jugo de la frutilla (muestra de Frutilla) incorporando inmediatamente al refractómetro para la posterior lectura de datos.

5.4.1.3 pH

Se determinó mediante el método descrito en la norma boliviana (NB) 31001 (2014). Se homogenizo la muestra, luego se puso en el vaso precipitado, las muestras se encontraron a una temperatura media de 12 a 16 °C, lavando los electrodos del equipo con agua destilada. Posteriormente se introdujo la base del pH metro al vaso precipitado con la muestra, procediendo a su lectura.

5.4.1.4 Acidez titulable (%)

La acidez titulable se determinó según NB 36002, por titulación con solución de hidróxido de sodio usando fenolftaleína como indicador, se expresa en gramos del ácido predominante de la Frutilla en 100 gramos del producto.

Para realizar el cálculo de porcentaje de acidez, se aplicó la siguiente formula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{20 * V_1 * N * \text{mEq}}{3V} * 100$$

Dónde: V_1 : Volumen en ml, empleados en la titulación.
 N : Normalidad de la base.
 mEq : mili equivalente del ácido predominante en la muestra.
 V : Volumen del ácido.

Sabiendo que 1 ml de la solución 0.1 N de álcali equivalen en: 0.06404 gr de ácido cítrico. El porcentaje de acidez se lo expreso en ácido cítrico, porque es el ácido predominante en la frutilla.

5.4.1.5 Índice de madurez

Se determinó mediante la fórmula según Aguagallo (2005). Dónde:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Solidos solubles totales (°Bx)}}{\text{Acidez titulable}}$$

5.4.2. Análisis económico

Se realizó el análisis de costos en base a la proyección realizada, comprenden materiales directos, mano de obra directo y costos indirectos de producción para la obtención de cada uno de los recubrimientos.

Para calcular los costos de producción se utilizaron las siguientes formulas:

5.4.2.1 Costo total:

Según Pinheiro (2017), Son todos los costes de producción que utiliza una empresa o unidad productiva.

$$\text{Costo total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable}$$

5.4.2.2 Costo unitario:

Costo unitario= Costo total / Número de unidades producidas

5.4.2.3 Precio del producto:

Precio=costo unitario (1 + % utilidad o ganancia)

5.4.2.4 Beneficio costo

Beneficio costo= Ingresos/ costos de producción

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características físico químicas de la Frutilla

La Frutilla evaluada previa al recubrimiento comestible a base de proteína, presenta las siguientes características (Tabla 6).

Tabla 6.

Características físico-químicas de la Frutilla sin recubrimiento

Peso (g)	Acidez titulable (%)	Sólidos solubles totales (°Bx)	pH	Índice de madurez
11,50 - 23,40	0,91 - 1,11	8,00 - 11,20	3,41 - 3,50	0,08 – 0,11

De acuerdo a la tabla No. 6, el rango de peso se encuentra en relación a lo reportado por Valenzuela *et al.* (2015), entre 11,8 - 22,00 g.

La acidez titulable (%) concuerda con Cano y Corales (2014) con 0,77%. Maccapa (2015), reportó 0,6 - 0,8% en *Fragaria vesca*.

Los sólidos solubles totales (°Bx) se encuentra dentro el rango reportado por García y Pinzón (2016), entre 8,00 – 8,25 °Bx. Oñate (2018), reporto 7,55 ± 0,49°Bx en la variedad Albión.

Jima (2015), en *Fragaria x ananassa* determino 3,8 de pH. Medina et al. (2016), 3,5 ± 0,02 en la variedad oso grande. Restrepo y Ariztizabal (2010), 0,33 en *Fragaria x*

ananassa Duch variedad Camarosa, siendo estos reportes similares al presente trabajo.

El índice de madurez reportado por Caudillo (2016), fue 0,19 en Frutilla variedad Albión. Abuagochs (s.f.), 0,09 en *Fragaria x ananassa*, encontrándose dentro de los rangos del presente trabajo.

6.2. Humedad de la Frutilla con recubrimiento (%)

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 7) la variación de humedad de la Frutilla en un periodo de almacenamiento de 168 horas, no presenta diferencia estadística significativa ($p > 0,05$), con un coeficiente de variación de 7,69%.

Tabla 7.

Análisis de varianza para humedad de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	4	0,01	0,95	0,4604
Tratamiento	0,05	4	0,01	0,95	0,4604
Error	0,22	15	0,1		
Total	0,27	19			

FV = Fuente de variación; SC = Sumatoria de cuadrados; GI = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; F = Valor F calculado; p-valor = Valor P.

La menor disminución de humedad de la Frutilla (Fig. 5) se registró en los tratamientos con recubrimiento a base de proteína. El T₃ (4% proteína) disminuyó 29,93% de humedad, el T₂ (3% proteína) disminuyó 33,71%, el T₄ (5% proteína) 33,82% y el T₁ (2% proteína) 36,40%. El Tratamiento T₀ (Testigo) presenta la mayor disminución de humedad con 43,20%.

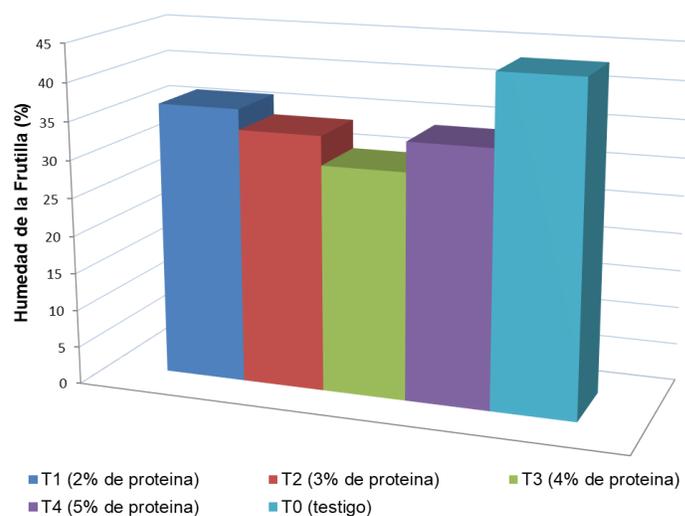


Figura 5. Humedad de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento

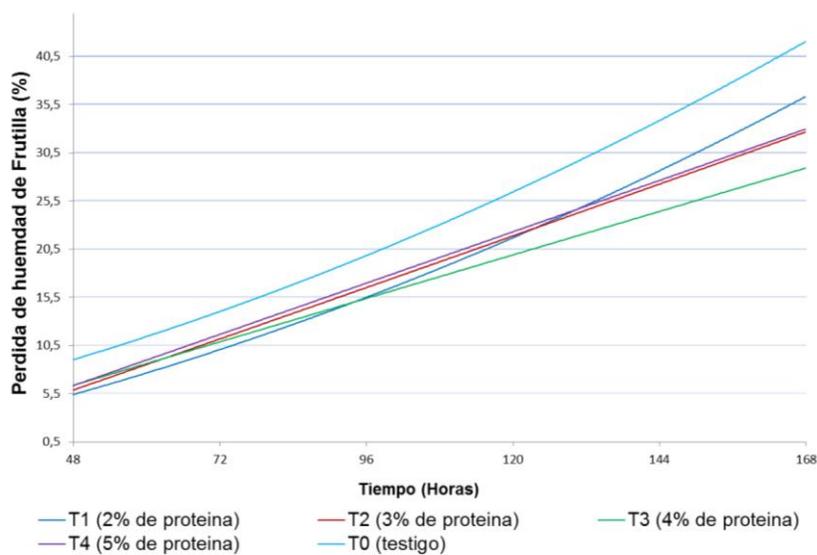


Figura 6. Pérdida de humedad de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

La pérdida de humedad de la Frutilla incrementa en función al tiempo (Fig. 6) en todos los tratamientos (Tabla 8).

Tabla 8.

Funciones de la pérdida de humedad de la Frutilla (%) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

Tratamiento	Variable (X)	Variable (Y)	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación
T1	Tiempo	Humedad	$y = 0,0007x^2 + 0,1144x - 1,6042$	$R^2 = 0,99$
T2	Tiempo	Humedad	$y = 0,00003x^2 + 0,2179x - 4,6344$	$R^2 = 0,99$
T3	Tiempo	Humedad	$y = 0,0000008x^2 + 0,188x - 2,6509$	$R^2 = 0,98$
T4	Tiempo	Humedad	$y = 0,000007x^2 + 0,2207x - 4,2631$	$R^2 = 0,99$
T0	Tiempo	Humedad	$y = 0,0007x^2 + 0,1244x + 1,4544$	$R^2 = 0,99$

De acuerdo a la tabla No. 8, las funciones de los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄ y T₀ presenta un ajuste cuadrático, los tratamientos a base de recubrimiento de proteína presentan coeficientes de determinación de 0.99, 0.99, 0.98, 0.99 y 0,99 respectivamente.

Khalifa et al. (2016), obtuvieron una pérdida de humedad de 9,8% en Frutillas con recubrimiento a base de aceite de oliva y quitosano a 6 °C en 384 horas de almacenamiento. Medina (2016), en Frutilla (*Fragaria vesca*) reportó una pérdida de 17% con recubrimiento a base de gelatina y almidón de yuca almacenados a 5 °C, por un tiempo de 168 horas. Así mismo Oñate (2018), destacó una pérdida de 15,17% con recubrimiento a base de papa china a 4 °C durante 384 horas. Velez (2015), 6,77% con recubrimiento de gelatina al 3% y ácido cítrico, a 4 °C durante 360 horas. La variación de los resultados se debe a la temperatura, recubrimiento y almacenamiento.

6.2.1. Tendencia de la pérdida de humedad de la Frutilla con recubrimiento

De acuerdo a la tendencia (Fig. 7) la pérdida de humedad de la Frutilla incrementa en relación al tiempo. La pérdida de humedad más rápida ocurre en el tratamiento con menor concentración de recubrimiento y el testigo. En los tratamientos restantes la pérdida de humedad es más lenta.

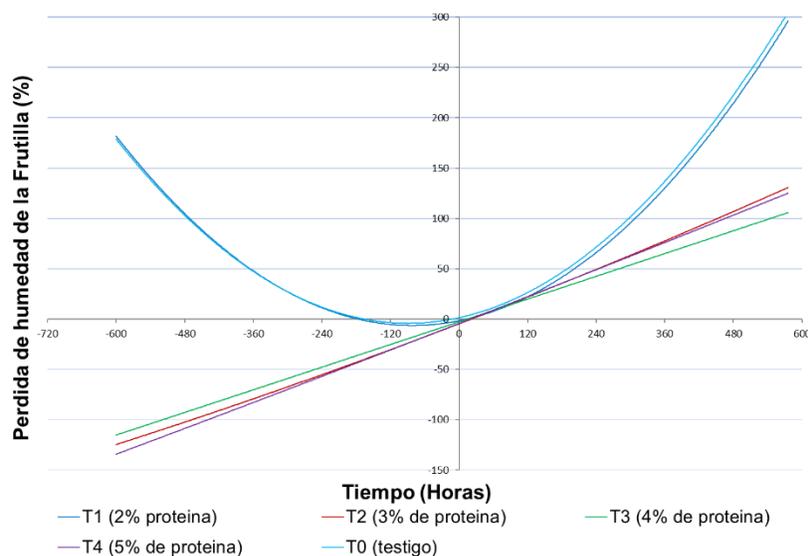


Figura 7. Tendencia de la pérdida de humedad de la Frutilla (%) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína

6.3. Sólidos solubles totales (°Bx)

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 9) en un periodo de almacenamiento de 168 horas, los sólidos solubles totales de la Frutilla, no presentan diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos, el coeficiente de variación fue 12,04%.

Tabla 9.

Análisis de varianza para sólidos solubles totales de la Frutilla (°Bx) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21,16	4	5,29	2,41	0,0948
Tratamiento	21,16	4	5,29	2,41	0,0948
Error	32,89	15	2,19		
Total	54,05	19			

FV = Fuente de variación; SC = Sumatoria de cuadrados; gl = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; F = Valor F calculado; p-valor = P Valor.

Los sólidos solubles totales registrados a 168 horas de almacenamiento (Fig. 8) fueron: 11,21 °Bx en el tratamiento T₄ (5% proteína), 11,45 °Bx en el tratamiento T₃ (4% proteína), 11,85 °Bx en el tratamiento T₂ (3% proteína), 13,12 °Bx en el tratamiento T₁ (2% proteína), finalmente 13,88 °Bx en T₀ (Testigo).

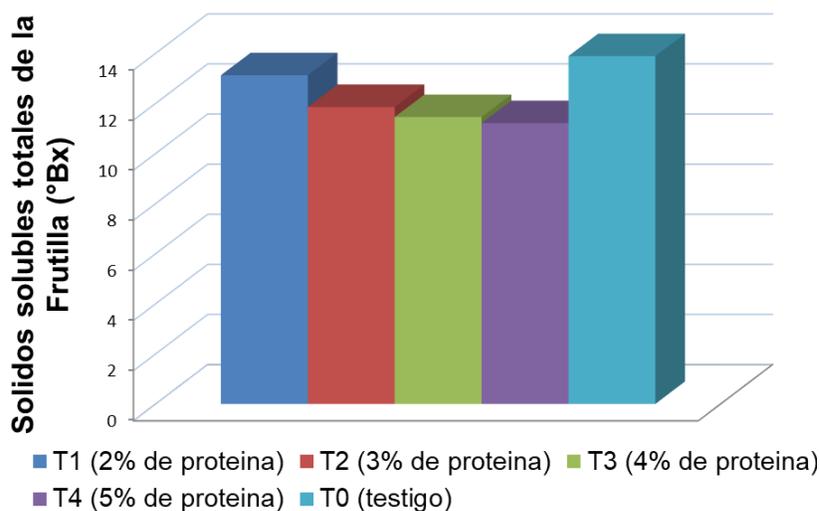


Figura 8. Sólidos solubles totales (°Bx) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

Los sólidos solubles totales de la Frutilla (Fig. 9), incrementan en función al tiempo en todos los tratamientos (Tabla 10).

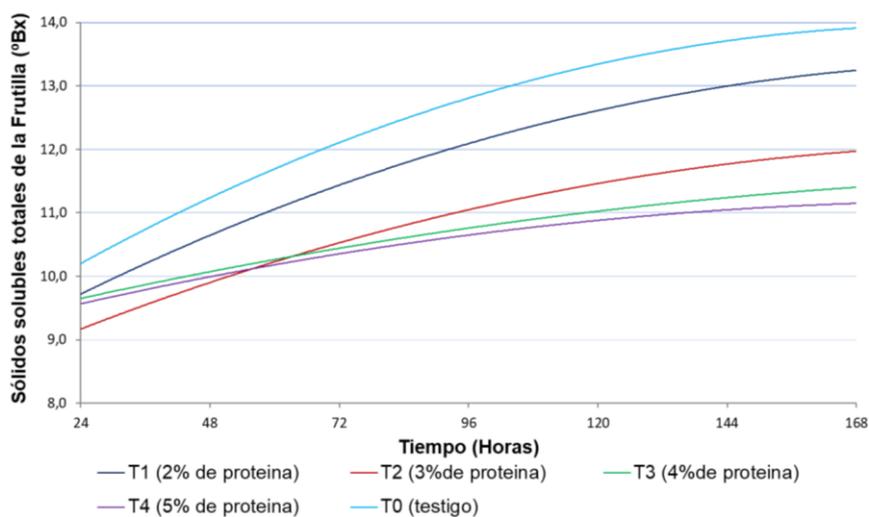


Figura 9. Sólidos solubles totales (°Bx) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

Tabla 10.

Funciones de sólidos solubles totales (°Bx) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

Tratamiento	Variable (X)	Variable (Y)	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación
T1	Tiempo	(°Bx)	$y = -0,0001x^2 + 0,052x + 8,5043$	$R^2 = 0,96$
T2	Tiempo	(°Bx)	$y = -9E-05x^2 + 0,0372x + 8,3308$	$R^2 = 0,97$
T3	Tiempo	(°Bx)	$y = -4E-05x^2 + 0,0208x + 9,1783$	$R^2 = 0,97$
T4	Tiempo	(°Bx)	$y = -1E-05x^2 + 0,0168x + 9,1845$	$R^2 = 0,96$
T0	Tiempo	(°Bx)	$y = -0,0001x^2 + 0,0536x + 8,9988$	$R^2 = 0,99$

De acuerdo a la tabla No. 10, las funciones de los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄ y T₀ se ajustan a funciones cuadráticas, los tratamientos presentan coeficientes de determinación de 0.96, 0.97, 0.97, 0.96 y 0,99 respectivamente.

Valenzuela et al. (2015), en Frutilla (*Fragaria x ananassa*) reportaron 12,8 °Bx con recubrimiento a base de proteína (Quitosa) y almacenadas durante 240 hrs a 5 °C, Así mismo Moncayo (2013), con recubrimiento de un biopolímero (Tipo dextrana 2%) durante 480 horas a 7°C, reportó 8,2 °Bx.

García y Pinzón (2016), con recubrimiento de almidón de plátano guayabo durante 336 hrs a 8 °C determinó valores entre 8.2-10 °Bx. Ribeiro et al. (2007), reportaron 7,2-8,2 °Bx con un polisacárido (almidón, carragenina y quitosano) en 168 horas, valores aproximados al trabajo.

6.3.1. Tendencia de sólidos solubles totales de la Frutilla con recubrimiento

Según la tendencia los sólidos solubles de la Frutilla (Fig. 10) incrementan en relación al tiempo hasta alcanzar su punto máximo, a partir de cual tienden a bajar: En el tratamiento T₀ (Testigo) el punto máximo es 14,66 °Bx a 229 hrs, en T₁ (2% proteína) 15,26 °Bx a 260 hrs, en T₂ (3% de proteína) 12,17 °Bx a 206 hrs, en T₃ (4% de proteína) 11,88 °Bx a 260 hrs y en T₄ (5% de proteína) alcanza el punto máximo a mayor tiempo con 16,24 °Bx a 840 hrs.

Vélez (2015), indica que probablemente a mayor concentración de recubrimiento mayor capacidad de retención de sólidos solubles.

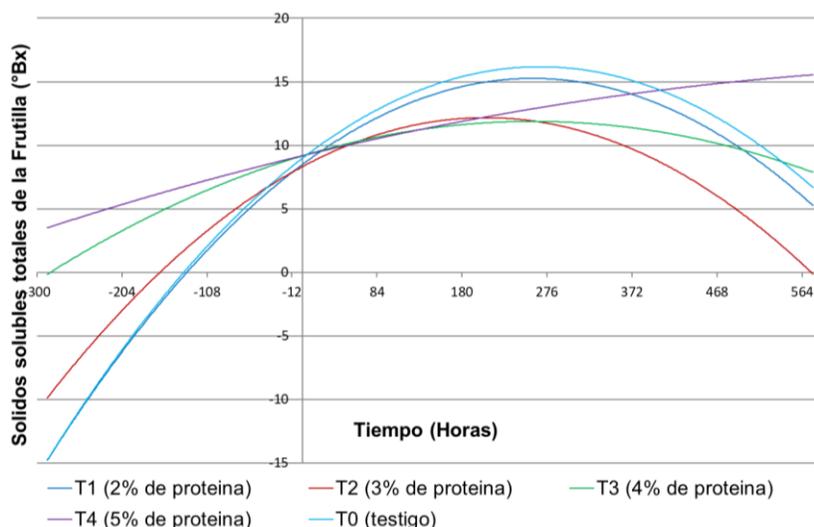


Figura 10. Tendencia de sólidos solubles totales de la Frutilla (°Bx) en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína

6.4. pH de la Frutilla

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 11) el pH de la Frutilla en un periodo de almacenamiento de 168 horas, no presenta diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre tratamientos, presentando un coeficiente de variación de 2,09%.

Tabla 11.

Análisis de varianza para el pH de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	4	3,6 e-03	0,70	0,6042
Frutilla	0,01	4	3,6 e-03	0,70	0,6042
Error	0,08	15	0,01		
Total	0,09	19			

FV = Fuente de variación; SC = Sumatoria de cuadrados; gl = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; F = Valor F calculado; p-valor = Valor

El pH de la Frutilla (Fig. 11) presenta mayor incremento en T₀ (Testigo) en comparación a los tratamientos con recubrimiento, a mayor incremento del pH la acidez titulable disminuye. El T₀ (Testigo) 3.478, T₁ (2% de proteína) 3.448, T₂ (3% de proteína) 3.433, el T₃ (4% de proteína) 3.430 y T₄ (5% proteína) 3.429.

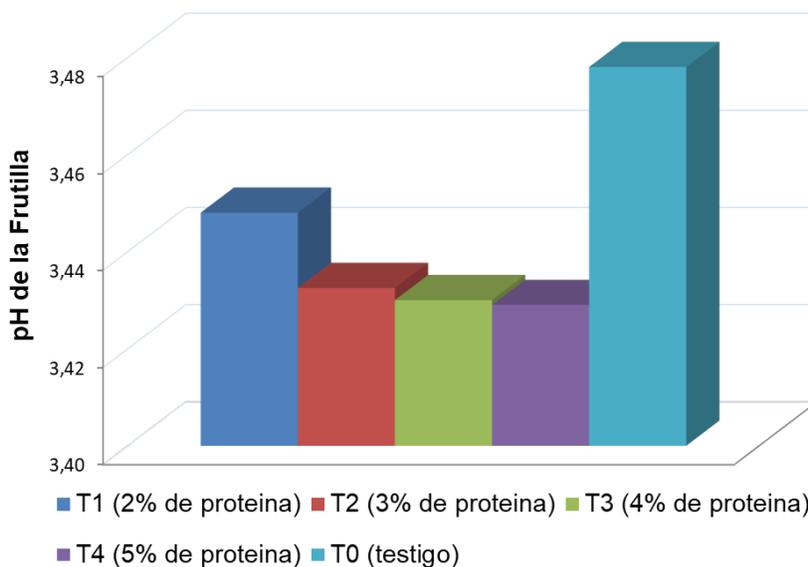


Figura 11. pH de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

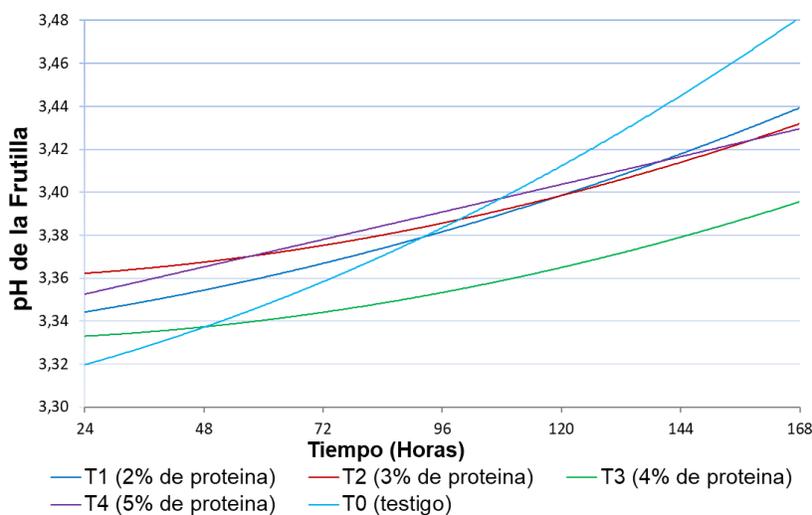


Figura 12. pH de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

El pH de la Frutilla (Fig. 12), incrementa en función al tiempo en todos los tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12.

Funciones del pH de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

Tratamiento	Variable (X)	Variable (Y)	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación
T1	Tiempo	pH	$y = 2E-06x^2 + 0,0003x + 3,3363$	$R^2 = 0,95$
T2	Tiempo	pH	$y = 2E-06x^2 + 6E-05x + 3,3596$	$R^2 = 0,99$
T3	Tiempo	pH	$y = 2E-06x^2 + 3E-05x + 3,3311$	$R^2 = 0,97$
T4	Tiempo	pH	$y = 5E-08x^2 + 0,0005x + 3,3399$	$R^2 = 0,97$
T0	Tiempo	pH	$y = 3E-06x^2 + 0,0005x + 3,3061$	$R^2 = 0,98$

De acuerdo a la tabla No. 12, las funciones de los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄ y T₀ se ajustan a funciones cuadráticas, con coeficientes de determinación de 0,95; 0,99; 0,97; 0,97 y 0,98 respectivamente.

Quilo (2016), reportó un pH de 3.58 con recubrimiento a base de propóleo almacenada a 12 °C durante 244 horas. Así mismo Ruiz, Ávila y Rúaless (2016), en Frutillas (*Fragaria vesca*) recubiertas con agar agar y almidón a 5 °C reportaron 3,85 sin diferencia al testigo. Cano y Corales (2014), con recubrimiento a base de gel de aloe vera almacenadas a 5 °C por 240 horas determinaron 3,98 de pH.

6.4.1. Tendencia del pH de la Frutilla con recubrimiento

De acuerdo a la tendencia del pH de la Frutilla (Fig. 13) incrementan en función al tiempo, hasta alcanzar su punto mínimo, a partir de cual tiende a incrementar: En el tratamiento T₀ (Testigo) el punto mínimo es 3.28, en T₁ (2% proteína) 3.32, en T₂ (3% de proteína) 3.36, en T₃ (4% de proteína) 3.33 y en T₄ (5% de proteína) alcanza el punto mínimo en 2.09.

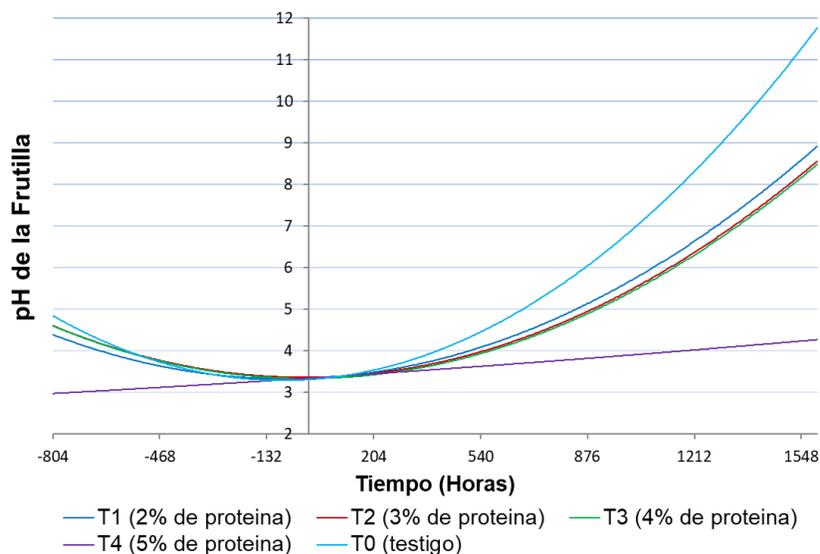


Figura 13. Tendencia de pH de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

6.5. Acidez titulable de la Frutilla (%)

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 13) en un periodo de almacenamiento de 168 horas la acidez titulable no presenta diferencia significativa ($p > 0,05$) entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 19,67 %.

Tabla 13.

Análisis de varianza para la acidez titulable (%) de la Frutilla en respuesta a los diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	4	0,02	1,22	0,3453
Frutilla	0,07	4	0,02	1,22	0,3453
Error	0,22	15	0,01		
Total	0,29	19			

FV= Fuente de variación; SC= Sumatoria de cuadrados; gl= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; F= Valor F calculado; p-valor= P.

La acidez titulable de la Frutilla a 168 horas de almacenamiento (Fig.14) fue: 0.58 % en el tratamiento T1 (2% de proteína), 0.59 % en el tratamiento T2 (3% de proteína), 0.64 % para el tratamiento T3 (4% de proteína), 0.642 % en el tratamiento T4 (5% de proteína). El Tratamiento T0 (Testigo) presenta 0,52 % de acidez titulable.

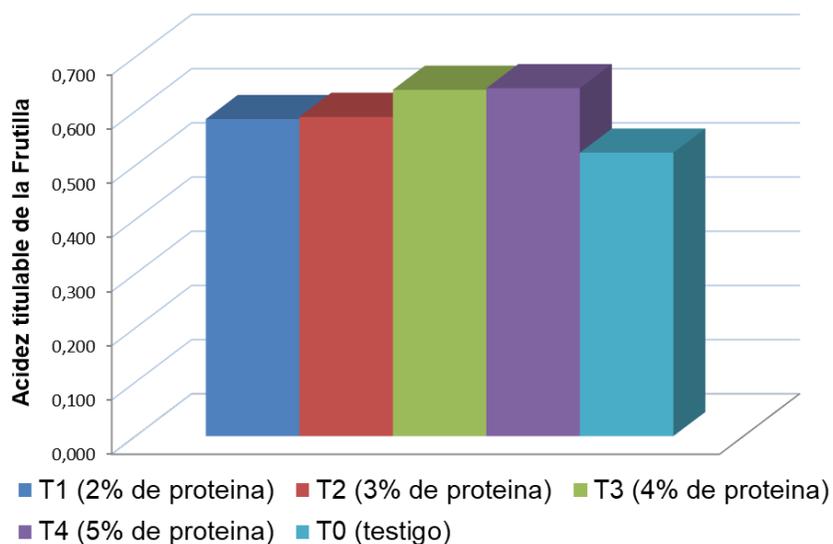


Figura 14. Acidez titulable de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

La acidez titulable de la Frutilla (Fig. 15), disminuye en función al tiempo en todos los tratamientos (Tabla 14).

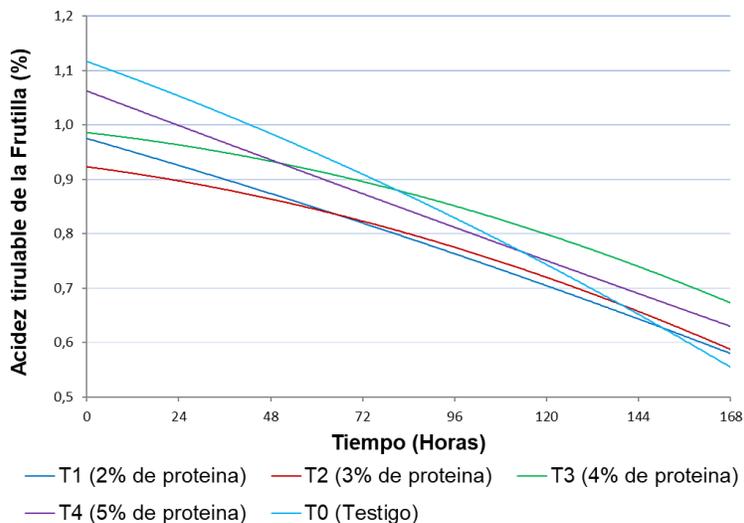


Figura 15. Acidez titulable de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

Tabla 14.

Funciones de acidez titulable (%) de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

Tratamiento	Variable (X)	Variable (Y)	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación
T1	Tiempo	Acidez titulable	$y = -2E-06x^2 - 0,002x + 0,9753$	$R^2 = 0,98$
T2	Tiempo	Acidez titulable	$y = -6E-06x^2 - 0,0009x + 0,923$	$R^2 = 0,99$
T3	Tiempo	Acidez titulable	$y = -6E-06x^2 - 0,0008x + 0,9858$	$R^2 = 0,95$
T4	Tiempo	Acidez titulable	$y = 5E-07x^2 - 0,0027x + 1,0624$	$R^2 = 0,99$
T0	Tiempo	Acidez titulable	$y = -5E-06x^2 - 0,0025x + 1,1167$	$R^2 = 0,98$

De acuerdo a la tabla No. 14, las funciones de los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄ y T₀ se ajustan a una función cuadrática, con coeficientes de determinación de 0,98; 0,99; 0,95; 0,99 y 0,98 respectivamente.

Medina et al. (2017), indican que la acidez titulable disminuyó en relación al tiempo en 0.99 % en Frutillas recubiertas con nanopartículas hidrofóbicas, a 5°C por 384 hrs. Maccapa (2015), reportó 0.47 - 0.49 % con recubrimiento a base de proteína de suero en 120 hrs. Romo et al. (2014) 4.22 % en 480 hrs a 10°C con recubrimiento de quitosano, valores próximos al presente trabajo.

6.5.1. Tendencia de acidez titulable de Frutilla con recubrimiento

Según la tendencia (Fig. 16), la acidez titulable de la Frutilla disminuye en relación al tiempo. La velocidad de reacción es mayor en el tratamiento T₀ (Testigo), en comparación a los demás tratamientos.

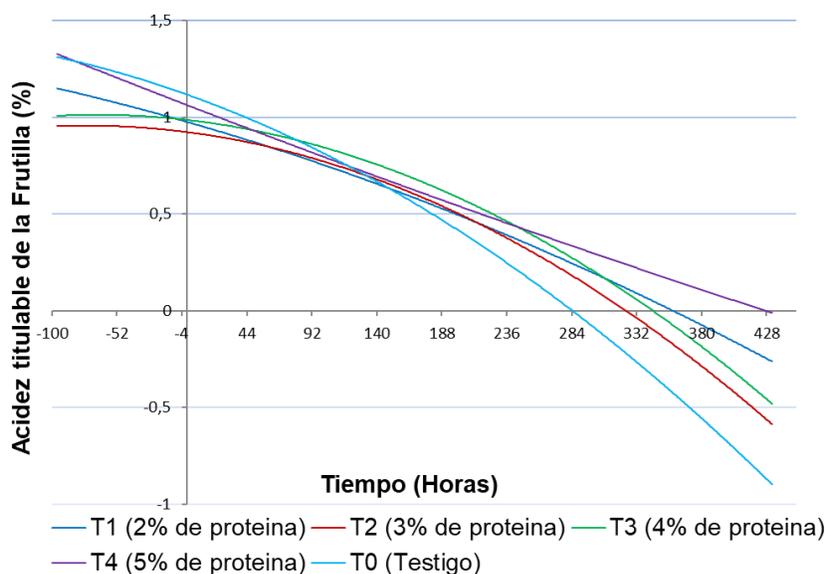


Figura 16. Tendencia de acidez titulable de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

6.6. Índice de madurez

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 15) el índice de madurez de la Frutilla no presenta diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 24,68 %.

Tabla 15.

Análisis de varianza para el índice de madurez de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	4	0,01	2,14	0,1255
Frutilla	0,02	4	0,01	2,14	0,1255
Error	0,04	15	7E-03		
Total	0,06	19			

FV= Fuente de variación; SC= Sumatoria de cuadrados; gl= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; F= Valor F calculado; p-valor=Valor P

El incremento de índice de la madurez (Fig. 17) corresponde a todos los tratamientos, el menor incremento lo presenta los tratamientos con recubrimiento a base de proteína.

El T₄ (5% de proteína) tiene un índice de madurez de 0.175, el T₃ (4% de proteína) 0.179, el T₂ (3% de proteína) 0.201 y el T₁ (2% proteína) 0.222. El Tratamiento T₀ (Testigo) presenta mayor índice de madurez con 0.265

El índice de madurez de la Frutilla (Fig.18), incrementa en función al tiempo en todos los tratamientos (Tabla 16).

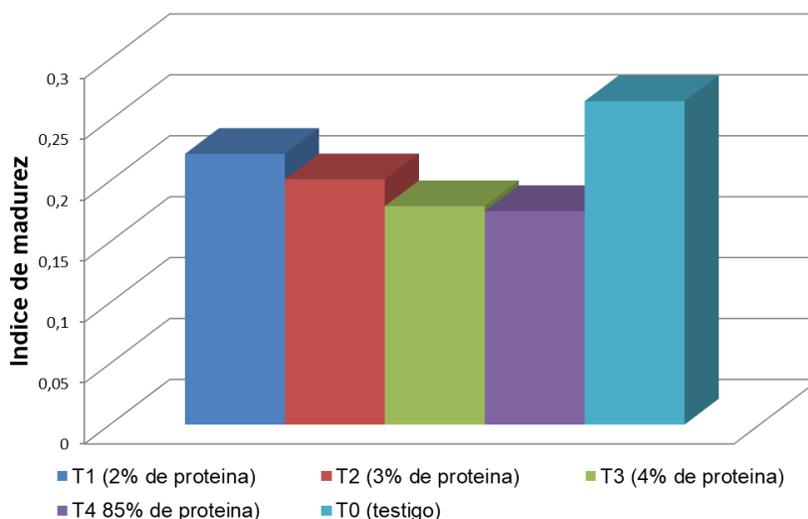


Figura 17. Índice de madurez de la Frutilla (%) en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína, en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

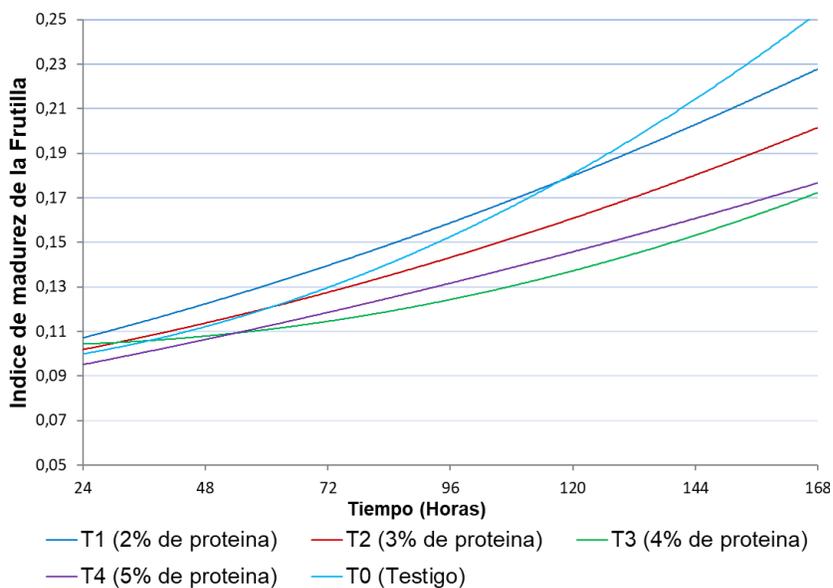


Figura 18. Índice de madurez de la Frutilla en respuesta a diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína en un periodo de 168 horas de almacenamiento.

Tabla 16.

Funciones de índice de madurez de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

Tratamiento	Variable (X)	Variable (Y)	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación
T1	Tiempo	Índice de madurez	$y = 2E-06x^2 + 0,0005x + 0,0938$	$R^2 = 0,99$
T2	Tiempo	Índice de madurez	$y = 2E-06x^2 + 0,0004x + 0,0918$	$R^2 = 0,99$
T3	Tiempo	Índice de madurez	$y = 3E-06x^2 - 5E-05x + 0,1039$	$R^2 = 0,95$
T4	Tiempo	Índice de madurez	$y = 8E-07x^2 + 0,0004x + 0,0848$	$R^2 = 0,99$
T0	Tiempo	Índice de madurez	$y = 5E-06x^2 + 0,0002x + 0,093$	$R^2 = 0,97$

De acuerdo a la tabla No. 16, las funciones de los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄ y T₀ se ajustan a funciones cuadráticas, con coeficientes de determinación de 0.99, 0.99, 0.95, 0.99 y 0,97 respectivamente.

El presente trabajo va en relación a lo reportado por Rincón (2014) 0.101 con recubrimiento a base de kappa carragenina, glicerol, ácido oleico, miel y ácido ascórbico a 288 horas de almacenamiento. Robayo y Salazar (2018) 0.278 con recubrimiento a base de mucilago de chíá con esencia de naranja a 12 °C en 288 horas de almacenamiento.

6.6.1. Tendencia del índice de madurez de la Frutilla con recubrimiento

Según la tendencia el índice de madurez (Fig. 19), incrementa en relación al tiempo de almacenamiento. A medida que incrementan los sólidos solubles, disminuye la acides titulable, e incrementa el índice de madurez. El índice de madurez es mayor en el tratamiento T₀ (Testigo).

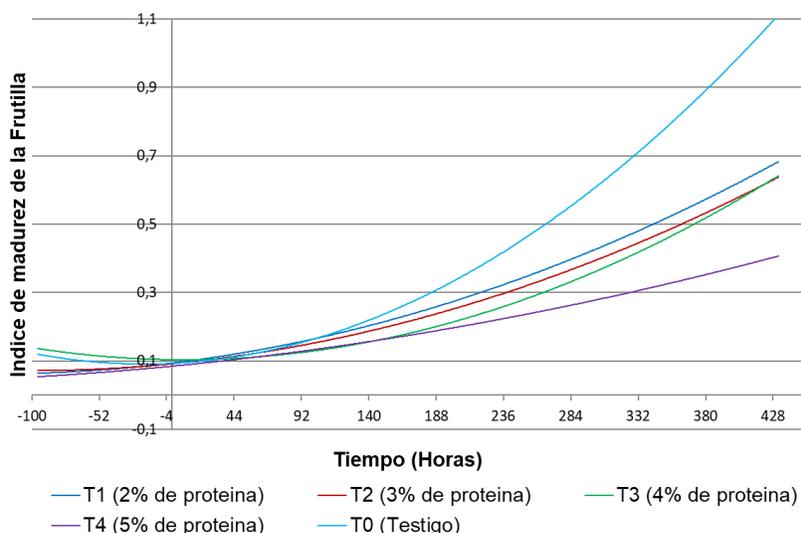


Figura 19. Tendencia de la acidez titulable de la Frutilla en relación al tiempo, con diferentes niveles de recubrimiento a base de proteína.

6.7. Análisis económico

6.7.1. Costos

Para determinar los costos del recubrimiento comestible a base de proteína, se calculó la cantidad de materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos, en función a 1 Kg de recubrimiento comestible por tratamiento.

Tabla 17.

Costos para la obtención de 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína.

Concepto	Recubrimiento			
	T1	T2	T3	T4
Costos fijos	5,73	5,73	5,73	5,73
Costos variables	4,70	5,12	5,54	5,96
TOTAL	10,44	10,86	11,28	11,70

Fuente: Elaboración propia.

Los costos para 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína (Tabla 18), incrementan en función a la cantidad de proteína.

Tabla 18.

Costo directo para 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína

Concepto	Recubrimiento			
	T1	T2	T3	T4
Costo total	10,44	10,86	11,28	11,70
Margen de utilidad (40%)	4,17	4,34	4,51	4,68
Precio de venta	14,61	15,20	15,79	16,37
Precio de venta C/F	16,79	17,47	18,14	18,82

El precio de venta unitario por cada Kg de recubrimiento comestible a base de proteína (Tabla 19) incrementa en función al nivel de proteína por tratamiento, para el tratamiento T₁ (2% de proteína) 14.60 Bs/kg, T₂ (3% de proteína) 15.20 Bs/kg, T₃ (4% de proteína) 15.80 Bs/kg, T₄ (5% de proteína) 16.40 Bs/kg.

Tabla 19.

Beneficio costo para la producción de 1 Kg de recubrimiento comestible a base de proteína

Concepto	Recubrimiento			
	T₁	T₂	T₃	T₄
Costo total	10,44	10,86	11,28	11,70
Ingreso	14,61	15,20	15,79	16,37
B/C	1,40	1,40	1,40	1,40

7. CONCLUSIONES

Las variables físico químicas determinadas en la Frutilla presentaron los siguientes rangos: peso 11,50 - 23,40 g, sólidos solubles totales 8,00 -11,20 °Bx, pH 3.41- 3.50, acidez titulable 0,91-1,11 e índice de madurez 0,08 - 0,11.

La menor disminución de humedad de la Frutilla se registró en los tratamientos con recubrimiento a base de proteína. El T₃ (4% proteína) disminuyó 29,93% de humedad, el T₂ (3% proteína) disminuyó 33,71%, el T₄ (5% proteína) 33,82% y el T₁ (2% proteína) 36,40%. El Tratamiento T₀ (Testigo) presenta la mayor disminución de humedad con 43,20%.

Los sólidos solubles totales de la Frutilla incrementan en función al tiempo. Los sólidos solubles totales registrados a 168 horas de almacenamiento fueron: 11,21 °Bx en el tratamiento T₄ (5% proteína), 11,45 °Bx en el tratamiento T₃ (4% proteína), 11,85 °Bx en el tratamiento T₂ (3% proteína), 13,12 °Bx en el tratamiento T₁ (2% proteína), finalmente 13,88 °Bx en T₀ (Testigo).

Del inicio hasta el final del almacenamiento, el pH de la Frutilla presentó un incremento en todos los tratamientos. El mayor incremento fue en T₀ (Testigo) en comparación a los tratamientos con recubrimiento, a mayor incremento del pH la acidez titulable disminuye. El T₀ (Testigo) 3.478, T₁ (2% de proteína) 3.448, T₂ (3% de proteína) 3.433, T₃ (4% de proteína) 3.430 y T₄ (5% proteína) 3.429.

La acidez titulable de la Frutilla disminuyó en relación al tiempo de almacenamiento con 0.58 % en el tratamiento T₁ (2% de proteína), 0.59 % en el tratamiento T₂ (3% de proteína), 0.64 % en el tratamiento T₃ (4% de proteína), 0.642 % en el tratamiento T₄ (5% de proteína). El Tratamiento T₀ (Testigo) presenta mayor disminución de acidez titulable con 0.52%.

Los tratamientos con recubrimiento a base de proteína, presentaron menor incremento en el índice de madurez. El T₄ (5% de proteína) presentó un índice de 0.175, el T₃ (4% de proteína) 0.179, el T₂ (3% de proteína) 0.201 y el T₁ (2% proteína) 0.222. El Tratamiento T₀ (Testigo) presenta mayor índice de madurez con 0.265.

En el análisis económico, el costo de recubrimiento comestible a base de proteína, incrementa en relación al nivel de proteína, el valor por cada kilo de recubrimiento es 10.44, 10.85, 11.28 y 11.70 expresado en bolivianos (Bs) para los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ respectivamente, con un B/C mayor a 1.

8. RECOMENDACIONES

- Evaluar el método de aplicación del recubrimiento comestible sobre la Frutilla en estado de pos cosecha.
- Evaluar el comportamiento de Frutillas con recubrimiento comestible en diferentes variedades.
- Es muy importante tener en cuenta el estado de madurez en el que se encuentra la frutilla previa a la aplicación del recubrimiento, ya que de esta manera se redujera la tasa de maduración conservándolo mayor tiempo posible.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abbo, M. C. C. (2014). Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo " Anillar Moshé", bajo una estructura de caballete. In *Ciencias Tecnológicas y Agrarias TI: Handbook* (pp. 149-182). ECORFAN.
- Aider, M. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry. *LWT-food science and technology*, 43(6), 837-842.
- Alcántara González, M. D. L. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Benhabiles, M. S., Drouiche, N., Lounici, H., Pauss, A., & Mameri, N. (2013). Effect of shrimp chitosan coatings as affected by chitosan extraction processes on postharvest quality of strawberry. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 7(4), 215-221.
- Blandón, N.,S. (2012). Fisiología de Poscosecha. UNI, 24.
- Caudillo, C.,D.,I. (2016). Conservacion poscosecha de la fresa utilizando recubrimientos formulados con quitosano- quinoa. Xalapa, Veracruz, Mexico.
- Chávez Rey, A. C. (2019). Evaluación de recubrimientos naturales y fungicidas para el control postcosecha de mohos en mora (*Rubus laciniatus* var. Brazos) y frutilla (*Fragaria x ananassa*) (Bachelor's thesis, Quito).
- Chiqui Chiqui, F. A., & Lema Cumbe, M. L. (2010). Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*fragaria* sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca (Bachelor's thesis).
- Cochi Rivas, R. F. (2017). Evaluacion del comportamiento agronomico de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) en cultivos verticales bajo dos densidades de plantacion y tres niveles de humus de lombriz en la Estacion Experimental de Cota Cota (Doctoral dissertation).

- Cote Daza, S. (2011). Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- CPFEUM. 2015. La gelatina. FEUM, 2.
- Cuatin, L., & López, D. (2015). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica y organoléptica de uchuva (*Physalis Peruviana* L.).
- Cumplido Laso, G. (2013). Functional characterization os satrawberry (*Fragaria x Ananassa*) fruit-specific and ripening-related genes involved in aroma and anthochyanins biosynthesis.
- Enciso, N. A. A., & Hortua, N. S. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova*, 8(14), 171-182.
- Escobar Alaro, J. L. (2011). Evaluación de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch) con aplicación de fertirriego relacionado a las fases fenológicas en técnica de cultivos verticales en ambiente atemperado (No. CIDAB-T-SB385-E8e). Universidad Pública de El Alto, La Paz (Bolivia). Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Escobar, D., Sala, A., Silvera, C., Harsipe, R., & Márquez, R. (2009). Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *INNOTEC*, (4 ene-dic), 33-36.
- De Ancos, B., González-Peña, D., Colina-Coca, C., & Sánchez-Moreno, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de iv yv gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 8-17.
- de Lorena Ramos-García, M., Romero-Bastida, C., & Bautista-Baños, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1).
- Defilippi, B., Robledo, P., & Becerra, C. (2017). Cosecha y postcosecha en arandanos. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.

- Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., & Falcón Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57.
- Fernández, N., Echeverría, D. C., Mosquera, S. A., & Paz, S. P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134-141.
- García, O., & Pinzón, M. (2017). Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (*Musa paradisiaca* L.) en la calidad de fresas. *Alimentos hoy*, 24(39), 92-102.
- Giménez, G., Maeso, D., & Paullier, J. (2003). Identificación y manejo de las principales enfermedades y plagas en el cultivo de frutilla (No. 632 GIM).
- Gonzales, G., E. (2016). Inclusión de frutilla orgánica en las compras para desayuno escolar. La paz.
- Gomez, M. A. S. (2012). Optimización del proceso de extracción de gelatina a partir de piel de raya arenosa (*Dasyatis Brevis*).
- Guía, A. D. P. P. Medio de cosecha para Plantaciones de Frutilla hidropónica (Doctoral dissertation, Universidad de Chile).
- INE. (s.f.). Atlas de municipios-Bolivia.
- Jima, I. M. (2015). Aplicación de recubrimientos comestibles (gelatina, glicerol, tween, ácido cítrico y glucosa) y su efecto en el tiempo de vida útil de fresa (*Fragaria ananassa*) variedad albión (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos).
- Kader, A. A. (Ed.). (2011). Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. UCANR Publications.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H. A., & Soliman, S. A. (2016). Effect of chitosan-olive oil processing residues coatings on keeping quality of cold-storage strawberry (*Fragaria ananassa*. Var. Festival). *Journal of Food Quality*, 39(5), 504-515.

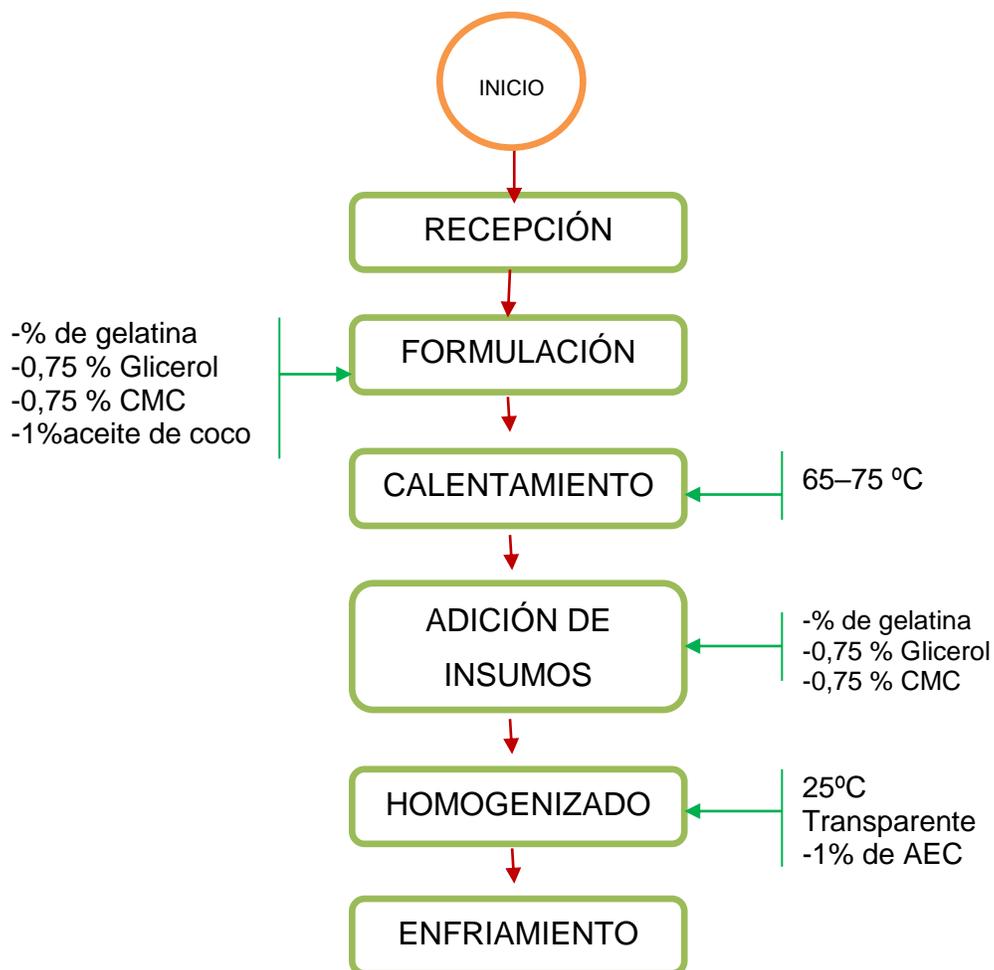
- Lavin, A., A., Maureira, C., M. (2002). La frutilla nativa. INIA, 15-19.
- López, A., J. (2008). Fisiología y anatomía de la planta de frutilla. (p. instituto andaluz de investigacion y formacion agraria)
- Maccapa Pocco, R. (2015). Efecto de la aplicación de un recubrimiento biodegradable a base de aislado de proteína de suero sobre la vida útil de la chirimoya (*annona cherimola*), fresa (*fragaria vesca*) y pera (*pyrus communis*).
- Manosalva, H., & Carrasco, N. (2018). Relatos, saberes e identidad de los frutilleros y frutilleras de Nahuelbuta. Una aproximación etnográfica a los cultivos de frutilla blanca (*Fragaria chiloensis*). Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Mc Leod, C., Águila, K., & Cárcamo, J. (2019). Arquitectura de la planta de frutilla. Informativo INIA Kampenaike.
- Mendoza Basco, R. P. Efecto de abonos orgánicos en la producción de variedades de frutilla (*Fragaria sp*) en condiciones controladas (Doctoral dissertation).
- Medina Quiñonez, E. (2017). Diseño y evaluación de recubrimientos en base a proteínas de quínoa y quitosano que contienen agentes naturales nanoparticulados para su aplicación en frutillas.
- Melo, M. E. R., González, V. Á. G., & Martínez, J. F. L. (2011). Uso de carboximetilcelulosa como matriz polimérica en la síntesis de nuevos materiales híbridos. CIENCIA-UANL, 15(4), 459-465.
- Moncayo Martínez, D. C. (2013). Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA).
- Montalvo, C., López-Malo, A., & Palou, E. (2012). Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones. Temas selectos de ingeniería de alimentos, 2, 32-46.
- Morales, C. G., Riquelme, J., Pedreros, A., Uribe, H., Hirzel, J., France, A., & Abarca, P. (2017). Manual de manejo agronómico de la frutilla. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

- Oñate Zúñiga, L. E. (2018). Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.).
- Osmosis. (2015). Recubrimientos comestibles en la conservación de alimentos. *Revista industria y alimentos*, 44.
- Pazmiño Quiroga, J. A. (2019). Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (*Fragaria ananassa* Weston) (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Parra aedo, m. i. (2017). desarrollo de películas comestibles con incorporación de aceite esencial de anís mediante método de emulsificación.
- Parzanese, M. (s.f). Películas y recubrimientos comestibles. *Tecnologías para la Industria Alimentaria*, 11.
- Pavón-Vargas, D., & Valencia-Chamorro, S. (2016). Efecto de recubrimientos comestibles compuestos a base de goma tara en la calidad poscosecha de frutilla (*Fragaria ananassa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 65-70.
- Piedrahita, G., A., Villegas, L., C. (2016). Efecto de la aplicación de un cubrimiento comestible en la conservación de las características sensoriales y tiempo de almacenamiento de la mora de castilla (*Rubus glaucus benth.*) sin espinas poscosecha.
- Quilo Inlago, N. R. (2016). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible con extracto de petróleo como agente antifúngico, en la conservación de fragaria vesca (frutilla) (Bachelor's thesis).
- Restrepo, J. I., & Aristizábal, I. D. (2010). Conservación de fresa (*fragaria x ananassa* duch cv. camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*aloe barbadensis miller*) y cera de carnaúba. *Vitae*, 17(3), 252-263.
- Reyes Muñoz, M., & Zschau Villagrán, B. (2012). Frutilla, consideraciones productivas y manejo.

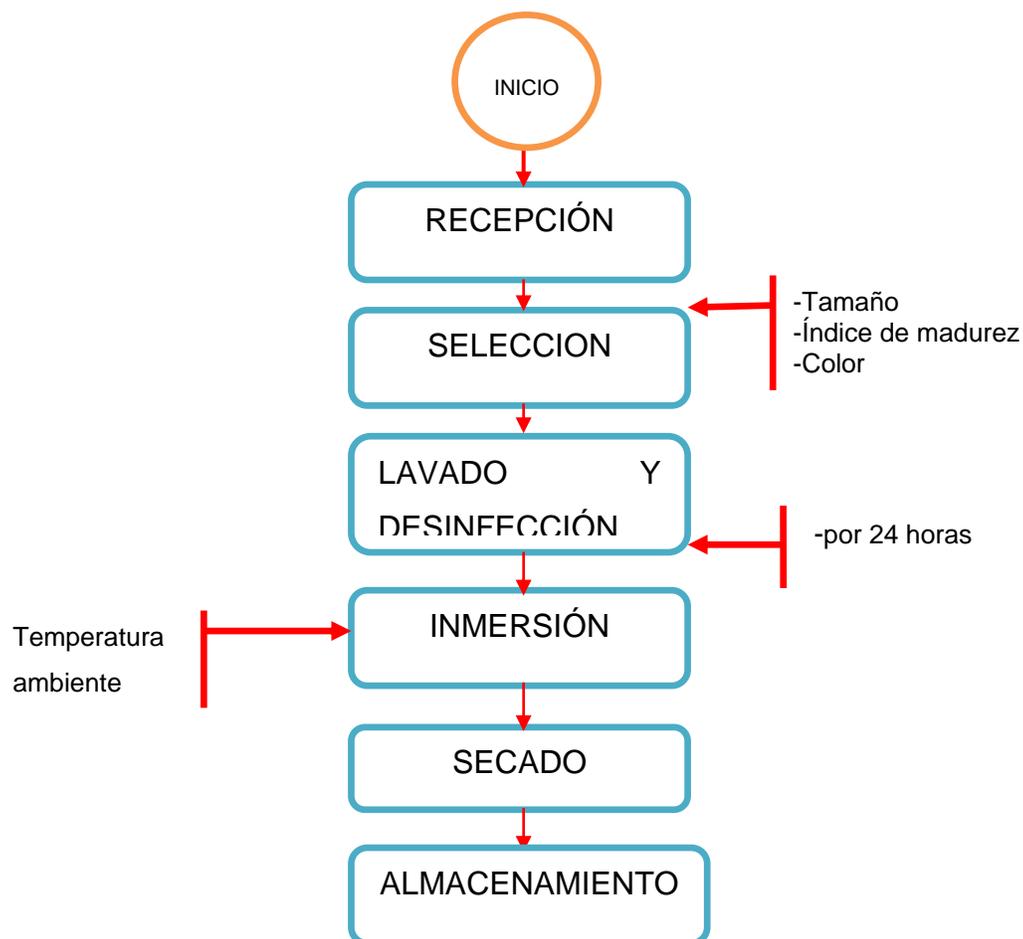
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A., & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63-70.
- Riquelme S., J., Morales A., C., G. (2017). Preparación de suelo. Instituto de desarrollo agropecuario, 24-29.
- Ruíz, P. (s.f.). La gelatina fotográfica. Estructura y composición química de la gelatina y la colágena. *Revista LMI- Revista dijital, analogica y de conservacion*, 5.
- Ruiz Medina, M. D. (2015). Diseño de un recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (*Fragaria vesca*) como proceso de postcosecha (Bachelor's thesis, Quito, 2015.).
- Robayo Garzón, D. C., & Salazar Reyes, J. A. (2018). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Natural a base de Mucílago de Chía (salvia hispánica I) y Aceite Esencial de Naranja (*Citrusx aurantium*) (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Serna-Cock, L., Pineda-Cuervo, D., & Ayala-Aponte, A. (2007). Aplicación de endopeptidasa alcalina en carnaza bovina para mejorar la calidad de la gelatina. *Revista Colombiana de Química*, 36(2), 169-181.
- Silva-Weiss, A., Ihl, M., Sobral, P. D. A., Gómez-Guillén, M. C., & Bifani, V. (2013). Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in foods. *Food Engineering Reviews*, 5(4), 200-216.
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21.
- Terán, E., & Vásquez, R. E. (2007). Obtención de carboximetilcelulosa a partir de linter de algodón. *Revista Investigación & Desarrollo*, 1(7).
- Trejo-Márquez, A., Ramos-López, K. A. R. E. N., & Pérez-Guillén, C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. Cartagena, España: Grupo Postrecolección y Refrigeración UPCT, 978-984.

- Toledo, C. R. U. (2016). Estrategias para el manejo sustentable de frutilla blanca (*Fragaria chiloensis*) a través de promotores de crecimiento vegetal PGPB bajo condiciones de invernadero.
- Valencia-Chamorro, S., & Torres-Morales, J. (2016). Recubrimientos Comestibles Aplicados En Productos De Iv YV Gamma. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), 162-174.
- Vargas, S, S.(2017). Requerimientos de clima y suelo. Manual de manejo agronómico de la frutilla- INIA, 19-23.
- Vázquez-Briones, M. C., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 5-14.
- Vélez Bravo, K. C. (2015). Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de gelatina y ácido cítrico en la vida útil de las fresas (*Fragaria Vesca L.*) (Doctoral dissertation).
- Zevallos Marchan, C. A. (2017). Formulación y aplicación de un recubrimiento a base de Quitosano y gel de sábila (*Aloe vera*) para el tratamiento Postcosecha del limón sutil.

10. ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo para la formulación del recubrimiento comestible a base de proteína.

Anexo 2. Diagrama de flujo para la aplicación del recubrimiento comestible a base de proteína.



Anexo 3. Fotografías de la fase experimental



Recepción y selección de materia prima
(Cahuaya, 2020)



Desinfección y secado de materia prima
(Cahuaya, 2020)



Preparación del recubrimiento comestible a base de gelatina
(Cahuaya, 2020)



Aplicación del recubrimiento comestible a la frutilla
(Cahuaya, 2020)



Adecuación de las frutillas recubiertas para su secado.

(Cahuaya, 2020)



Tratamiento a temperatura ambiente de frutillas tratadas

(Cahuaya, 2020)

Anexo 4. Análisis económico para la producción de recubrimiento comestible

HOJA DE COSTOS-COSTEO DIRECTO						
INVERSION PARA LA PRODUCCION DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEINA AL 2% (T ₁)						
(AL 20 DE SEPTIEMBRE DE 2020)						
(Expresado en bolivianos)						
CANTIDAD		1 Kg				
INSUMOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	OBSERVACION	CALCULO AUX.	CF - CV
GELATINA NEUTRA	0,02 kg	45	0,9		MD	CV
CMC	0,0075 kg	30	0,23		MD	CV
GLICERINA	0,0075 kg	15	0,11		MD	CV
ACEITE DE COCO	0,01 ml	60	0,60		MD	CV
AGUA	0,955 ml	3	2,87		MD	CV
TOTAL INSUMOS			4,70			
RECURSOS						
BAÑO MARIA	1 Unid.	3500	3500	2	0,1620	CF
ENVASES INOX	3 Unid.	35	105	2	0,0061	CF
CUCHARA	3 Unid.	2	6	2	0,0003	CF
TERMOMETRO	1 Unid.	110	110	2	0,0064	CF
BALANZA	1 Unid.	1400	1400	1	0,0324	CF
COCINA	1 Unid.	900	900	1	0,0260	CF
SUELDO p/d	1 Hr	11	11	0,5	5,5000	CF
TOTAL RECURSOS			6032			
TOTAL INVERSION			6036,703			
T.COSTO VARIABLE				4,7025		
T. COSTO FIJO				5,73		
TOTAL COSTO				10,44		
MARGEN DE UTILIDAD			40%	4,17		
PRECIO DE VENTA TOTAL				14,61		
PRECIO POR kg DE RECUBRMIENTO COMESTIBLE				14,61		
PRECIO DE VENTA CON FACTURA				16,79		
PUNTO DE EQUILIBRIO				0,58		
RELACION B/C				1,40		

Costo para la producción para el recubrimiento comestible T₁ (2%)

HOJA DE COSTOS-COSTEO DIRECTO						
INVERSION PARA LA PRODUCCION DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEINA AL 3% (T₂)						
(AL 20 DE SEPTIEMBRE DE 2020)						
(Expresado en bolivianos)						
CANTIDAD		1 Kg				
INSUMOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	OBSERVACION	CALCULO AUX.	CF - CV
GELATINA NEUTRA	0,03 kg	45	1,35		MD	CV
CMC	0,0075 kg	30	0,23		MD	CV
GLICERINA	0,0075 kg	15	0,11		MD	CV
ACEITE DE COCO	0,01 ml	60	0,60		MD	CV
AGUA	0,945 ml	3	2,84		MD	CV
TOTAL INSUMOS			5,12			
RECURSOS						
BAÑO MARIA	1 Unid.	3500	3500	2	0,16	CF
ENVASES INOX	3 Unid.	35	105	2	0,006	CF
CUCHARA	3 Unid.	2	6	2	0,0003	CF
TERMOMETRO	1 Unid.	110	110	2	0,006	CF
BALANZA	1 Unid.	1400	1400	1	0,032	CF
COCINA	1 Unid.	900	900	1	0,026	CF
SUELDO P/D	1 Hr	11	11	0,5	5,5	CF
TOTAL RECURSOS			6032			
TOTAL INVERSION			6037,12			
T.COSTO VARIABLE					5,1225	
T. COSTO FIJO					5,73	
TOTAL COSTO					10,86	
MARGEN DE UTILIDAD				40%	4,34	
PRECIO DE VENTA TOTAL					15,20	
PRECIO POR kg DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE					15,20	
PRECIO DE VENTA CON FACTURA					17,47	
PUNTO DE EQUILIBRIO					0,569	
RELACION B/C					1,4	

Costo para la producción para el recubrimiento comestible T₂ (3%)

HOJA DE COSTOS-COSTEO DIRECTO
INVERSION PARA LA PRODUCCION DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEINA AL 4%
(T₃)
(AL 20 DE SEPTIEMBRE DE 2020)
(Expresado en bolivianos)

CANTIDAD		1 Kg					
INSUMOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	OBSERVACION	CALCULO AUX.	CF - CV	
GELATINA NEUTRA	0,04 kg	45	1,80		MD	CV	
CMC	0,0075 kg	30	0,23		MD	CV	
GLICERINA	0,0075 kg	15	0,11		MD	CV	
ACEITE DE COCO	0,01 ml	60	0,60		MD	CV	
AGUA	0,935 ml	3	2,81		MD	CV	
TOTAL INSUMOS			5,543				

RECURSOS							
BAÑO MARIA	1 Unid.	3500	3500	2	0,162	CF	
ENVASES INOX	3 Unid.	35	105	2	0,006	CF	
CUCHARA	3 Unid.	2	6	2	0,0003	CF	
TERMOMETRO	1 Unid.	110	110	2	0,006	CF	
BALANZA	1 Unid.	1400	1400	1	0,032	CF	
COCINA	1 Unid.	900	900	1	0,026	CF	
SUELDO P/D	1 Hr	11	11	0,5	5,5	CF	
TOTAL RECURSOS			6032				

TOTAL INVERSION	6037,54
T.COSTO VARIABLE	5,54
T. COSTO FIJO	5,73
TOTAL COSTO	11,28
MARGEN DE UTILIDAD	40% 4,51
PRECIO DE VENTA TOTAL	15,79
PRECIO POR kg DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE	15,79
PRECIO DE VENTA CON FACTURA	18,14
PUNTO DE EQUILIBRIO	0,56
RELACION B/C	1,40

Costo para la producción para el recubrimiento comestible T₃ (4%)

HOJA DE COSTOS-COSTEO DIRECTO
INVERSION PARA LA PRODUCCION DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEINA AL 5%
(T₄)
(AL 20 DE SEPTIEMBRE DE 2020)
(Expresado en bolivianos)

CANTIDAD		1 Kg				
INSUMOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	OBSERVACION	CALCULO AUX.	CF - CV
GELATINA NEUTRA	0,05 kg	45	2,25		MD	CV
CMC	0,0075 kg	30	0,225		MD	CV
GLICERINA	0,0075 kg	15	0,1125		MD	CV
ACEITE DE COCO	0,01 ml	60	0,6		MD	CV
AGUA	0,925 ml	3	2,775		MD	CV
TOTAL INSUMOS			5,96			

RECURSOS

BAÑO MARIA	1 Unid.	3500	3500	2	0,162	CF
ENVASES INOX	3 Unid.	35	105	2	0,006	CF
CUCHARA	3 Unid.	2	6	2	0,000	CF
TERMOMETRO	1 Unid.	110	110	2	0,006	CF
BALANZA ANALITICA	1 Unid.	1400	1400	1	0,032	CF
COCINA	1 Unid.	900	900	1	0,026	CF
SUELDO P/d	1 Hr	11	11	0,5	5,5	CF
TOTAL RECURSOS			6032			

TOTAL INVERSION **6038,0**

T.COSTO VARIABLE	5,96
T. COSTO FIJO	5,73
TOTAL COSTO	11,70
MARGEN DE UTILIDAD	40% 4,68
PRECIO DE VENTA TOTAL	16,37
PRECIO POR kg DE RECUBRMIENTO COMESTIBLE	16,37
PRECIO DE VENTA CON FACTURA	18,82
PUNTO DE EQUILIBRIO	0,55
RELACION B/C	1,4

Costo para la producción para el recubrimiento comestible T₄ (5%)