UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave *(Agave americana)* y aceite esencial de hierba luisa *(Cymbopogon citratus)* para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*).

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos

Autor
Ing. Arias Palma Gabriela Beatriz
Tutor
Ing. Fernández Paredes Manuel Enrique Mg.

LATACUNGA –ECUADOR
2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación "Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (*Agave americana*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*)" presentado por Arias Palma Gabriela Beatriz, para optar por el título magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, 6 de julio del 2022



……

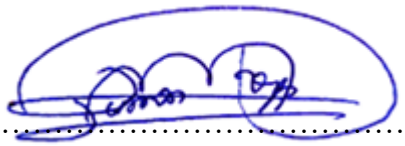
Ing. Manuel Enrique Fernández

CC.: 0501511604

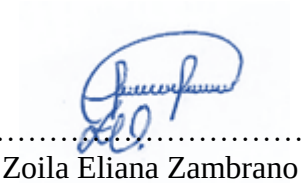
APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: "Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (*Agave americana*) y aceite esencial de hierba luisa *(Cymbopogon citratus*) para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*)", ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa

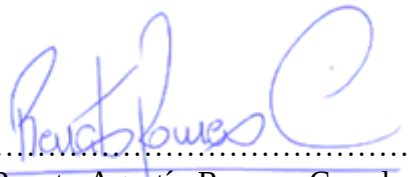
Latacunga, 6 de julio del 2022



……..
Mg. Jaime Orlando Rojas Molina
0502645435
Presidente del tribunal



……
Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa
0501773931
Lector 2



……
Mg. Renato Agustín Romero Corral
1717122483
Lector 3

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a las personas más importantes en mi vida:

A mis hijos, Alexander y Sarahí que son el motor y el impulso que necesito día a día para enfrentar lo que me depara la vida.

A mi esposo, Wladimir que con su amor y comprensión me ha dado la seguridad que necesito para alcanzar mis metas.

A mis padres, César y Naudelí por ese amor incondicional y su apoyo que va mucho más allá de su deber.

Con amor Gaby.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y la Dirección de Posgrados por permitir formarme en sus aulas con una educación humanista y de calidad.

A mi familia, por el apoyo, paciencia y consideración que tuvieron para que pueda cursar y terminar mi formación profesional.

A los docentes de la carrera de Agroindustria por su apoyo y motivación para culminar con éxito mi trabajo de investigación.

A mi tutor y tribunal de lectores del trabajo de titulación por su acertada guía para el desarrollo de la presente investigación.

A Dios por la maravillosa vida que me ha otorgado y que me ha permitido alcanzar mis sueños.

Gabriela Beatriz Arias Palma

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, 6 de julio del 2022



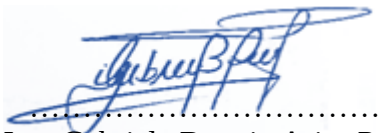
……

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma
1714592746

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 6 de julio del 2022



……

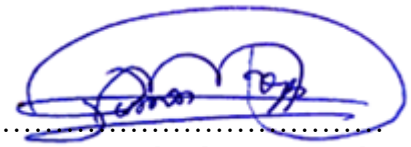
Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma

1714592746

AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: "Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (*Agave americana*) y aceite esencial de hierba luisa *(Cymbopogon citratus*) para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*)" contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, 6 de julio del 2022



……

Mg. Jaime Orlando Rojas Molina
0502645435

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Título: Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (*Agave americana*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*).

Autor: Arias Palma Gabriela Beatriz MSc.
Tutor: Fernández Enríquez Manuel Enrique Mg.

RESUMEN

Las frutas y hortalizas son alimentos que tienen un tiempo de vida útil corto, generando grandes pérdidas durante su almacenamiento, es por eso que cada vez se hace más necesario generar alternativas que permitan mejorar las condiciones poscosecha y mejorar su conservación. La presente investigación tiene como objetivo diseñar un recubrimiento comestible con inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa para la conservación de frutillas, para la cual se evalúo dos concentraciones de inulina con y sin la adición de aceite esencial de hierba luisa. La solución formadora del recubrimiento se caracterizó en función de su densidad, viscosidad y grosor del recubrimiento comestible formado, de acuerdo a estos parámetros la formulación que mejores características físicas presentó es la que contiene un 10% de inulina de agave y 0,1% de aceite esencial de hierba luisa, los valores reportados fueron viscosidad 15927 cP, densidad 1,078 g/ ml y grosor de 0,035mm.

El recubrimiento comestible fue aplicado en frutillas que se almacenaron a condiciones ambientales y de refrigeración por 10 días, tiempo en el cual se analizaron parámetros de calidad de las frutillas. Las distintas formulaciones del recubrimiento comestible a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa aplicadas en frutillas, influyeron en los parámetros de calidad de la fruta. El mejor tratamiento fue considerado el T5 que corresponde al 5% de inulina de agave, 0,1 % de aceite esencial de hierba luisa, ya que a condiciones de refrigeración disminuyó el porcentaje de pérdida de peso en un 53,97%, presentó una mínima variación en la concentración de sólidos solubles con un valor de 10,20 ºBrix al final del periodo de almacenamiento; y reportó un índice de afectación por hongos del 20% comparados con el testigo.

PALABRAS CLAVE: inulina de agave; hierba luisa; frutilla; recubrimiento comestible; conservación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Título: Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (*Agave americana*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*).

Autor: Arias Palma Gabriela Beatriz MSc.
Tutor: Fernández Enríquez Manuel Enrique Mg.

ABSTRACT

Fruits and vegetables are foods that have a short shelf life, generating large losses during storage, which is why it is becoming increasingly necessary to generate alternatives that improve post-harvest conditions and improve their conservation. The objective of this research is to design an edible coating with agave inulin and lemon verbena essential oil for the preservation of strawberries, for which two concentrations of inulin were evaluated with and without the addition of lemon verbena essential oil. The coating-forming solution was characterized based on its density, viscosity and thickness of the film formed. According to these parameters, the formulation that presented the best physical characteristics is the one that contains 10% agave inulin and 0.1% agave inulin. lemon verbena essential oil, the reported values were viscosity 15927 cP, density 1.078 and film thickness 0.035mm. The edible coating was applied to strawberries that were stored under ambient and refrigeration conditions for 10 days, during which time quality parameters of the strawberries were analyzed. The different formulations of the edible coating based on agave inulin and lemon verbena essential oil applied to strawberries influenced the quality parameters of the fruit. The best treatment was considered T5, which corresponds to 5% of agave inulin, 0.1% of lemon verbena essential oil, since under refrigeration conditions the percentage of weight loss decreased by 53.97%, it presented a minimum variation in the concentration of soluble solids with a value of 10.20 ºBrix at the end of the storage period; and reported an index of fungus affectation of 20% compared to the control.

KEY WORDS: agave inulin; lemon verbena; Strawberry; edible coating; conservation.

Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza con cédula de identidad número: 050324641-5 Magister en la Enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1010-2019-2041252; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (Agave americana) y aceite esencial de hierba luisa (Cymbopogon citratus) para la conservación de la frutilla (Fragaria ananassa duch) de Arias Palma Gabriela Beatriz, aspirante a magister en Maestría en Agroindustria Mención Tecnología de Alimentos.

Latacunga, julio, 01 del 2022



M.Sc Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza
C.C. 0503246415

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
APROBACIÓN TRIBUNAL iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA vi
RENUNCIA DE DERECHOS vii
AVAL DEL VEEDOR viii
RESUMEN ix
ABSTRACT x
1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Antecedentes. 1
1.2 Justificación 2
1.3 Planteamiento del problema 3
1.4 Hipótesis 4
1.5 Objetivos de la Investigación 5
1.5.1 Objetivo General 5
1.5.2 Objetivos Específicos 5
2 CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 8
2.1 Fundamentación Científico Técnica 8
2.1.1 Recubrimientos Comestibles 8
2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles 8
2.1.3 Materiales utilizados en la elaboración de un recubrimiento comestible .. 10
2.1.4 Ventajas y desventajas de los recubrimientos comestibles 11
2.1.5 Inulina 11
2.1.6 Inulina de agave 12
2.1.7 Características físico – químicas de la inulina 12
2.1.8 Aceite esencial de hierba luisa 13
2.1.9 Composición del aceite esencial de hierba luisa 14
2.1.10 Frutilla (Fragaria x ananassa dutch) 14
2.1.11 Valor nutricional de la frutilla 15
2.1.12 Parámetros de calidad de la frutilla 16
2.1.13 Principales daños ocasionados en la poscosecha de la frutilla. 17
2.2 Fundamentación del Estado del Arte 18

3 CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS 20
3.1 Metodología 20
3.1.1 Tipos de investigación 20
3.1.2 Técnicas e instrumentos 21
3.2 Investigación Descriptiva 21
3.2.1 Obtención de la materia prima 21
3.2.2 Formulación del recubrimiento 22
3.2.3 Caracterización de la solución y del recubrimiento formado 22
3.2.4 Derterminación del grosor del recubrimiento comestible formado. 23
3.2.5 Aplicación del recubrimiento en frutillas (Fragaria ananassa) 24
3.2.6 Almacenamiento 24
3.2.7 Evaluación del recubrimiento en la conservación de frutillas (Fragaria ananassa) 24
3.2.8 Diagrama de flujo del proceso 27
3.3 Investigación experimental. 27
3.3.1 Diseño Experimental 27
3.3.2 Factores de Estudio 28
4 CAPÍTULO IV. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA 31
4.1 Análisis y discusión de resultados 31
4.1.1 Caracterización de la solución y del recubrimiento formado 31
4.1.2 Evaluación de la conservación de la frutilla con recubrimiento comestible 38
4.2 Evaluación del experto 55
4.3 Evaluación del usuario 56
4.4 Evaluación de impactos 57
4.4.1 Técnicos 57
4.4.2 Sociales 57
4.4.3 Ambientales 57
5 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58
5.1 Conclusiones 58
5.2 Recomendaciones 59
6 CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS 60
7 CAPÍTULO VII. ANEXOS 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Sistema de tareas o actividades por objetivo* 6
Tabla 2. *Etapas de la elaboración del proyecto de investigación* 7
Tabla 3. *Composición química del aceite esencial de las hojas de Cymbopogon citratus* 14
Tabla 4. *Composición química aproximada de la frutilla en % de peso fresco de la porción comestible* 16
Tabla 5. *Categorías para el índice de afectación por hongos* 26
Tabla 6. *Factores de estudio y niveles para la caracterización del recubrimiento comestible* 28
Tabla 7. *Tratamientos para la caracterización del recubrimiento* 28
Tabla 8. *Factores de estudio y niveles para la evaluación de la conservación de la frutilla* 29
Tabla 9. *Tratamientos para evaluar el tiempo de conservación de las frutillas* .. 30
Tabla 10. *Análisis de varianza para la Densidad* 31
Tabla 11. *Prueba de Tukey para Densidad por Ac. esencial de hierba luisa* 32
Tabla 12. *Análisis de varianza para la Viscosidad* 33
Tabla 13. *Pruebas de Tukey para la Viscosidad* 34
Tabla 14. *Análisis de varianza para la Viscosidad* 36
Tabla 15. *Prueba de Tukey para Grosor por Ac. esencial de hierba luisa* 36
Tabla 16. *Características físicas, químicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles formulados* 38
Tabla 17. *Características de las frutillas* 39
Tabla 18. *Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso* 39
Tabla 19. *Prueba de rangos múltiples LSD* 40
Tabla 20 43
Tabla 21. *Prueba de rangos múltiples LSD* 44
Tabla 22. *Análisis de varianza para el pH* 45
Tabla 23. *Prueba de rangos múltiples LSD* 46
Tabla 24. *Análisis de varianza para la producción de etileno* 48
Tabla 25. *Prueba de rangos múltiples LSD* 48
Tabla 26. *Análisis de varianza para el porcentaje de afectación por hongos* 50
Tabla 27. *Prueba de rangos múltiples LSD* 50

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1. Superficie de respuesta estimada para la Densidad 32
Gráfico 2. Superficie de respuesta estimada para la Viscosidad..... 35
Gráfico 3. Superficie de respuesta estimada para el Grosor 37
Gráfico 4. Comportamiento de la variación de pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de frutillas..... 41
Gráfico 5. Porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento..... 42
Gráfico 6. Comportamiento de la concentración de sólidos solubles durante el periodo de almacenamiento de frutillas 45
Gráfico 7. Comportamiento del pH durante el periodo de almacenamiento de frutillas 47
Gráfico 8. Comportamiento de la producción de etileno durante el periodo de almacenamiento de frutillas 49
Gráfico 9. Comportamiento de la afectación por hongos de durante el periodo de almacenamiento de frutillas 51
Gráfico 10. Perfil sensorial para frutillas con recubrimiento comestible..... 53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recepción de la materia prima 65
Anexo 2. Limpieza 65
Anexo 3. Desinfección 66
Anexo 4. Caracterización física de las frutillas 66
Anexo 5. Caracterización química 67
Anexo 6. Preparación del recubrimiento comestible 67
Anexo 7. Determinación de la densidad del recubrimiento comestible 68
Anexo 8. Aplicación del recubrimiento comestible 68
Anexo 9. Determinación de sólidos solubles y pH 69
Anexo 10. Medición de la producción de etileno 69
Anexo 11. Afectación por hongos 70
Anexo 12. Registro de porcentaje de pérdida de peso de frutillas durante el almacenamiento 71
Anexo 13. Registro de valore de pH de frutillas durante el almacenamiento. 71
Anexo 14. Registro de valores de sólidos solubles de frutillas durante el almacenamiento 72
Anexo 15. Registro de valores de producción de etileno en frutillas durante el almacenamiento 72
Anexo 16. Registro de porcentaje de afectación por hongos en frutillas durante el almacenamiento 73
Anexo 17. Ficha de perfil sensorial 74
Anexo 18. Ficha técnica de la inulina de agave 75
Anexo 19. Guía de evaluación por parte del experto 76
Anexo 20. Certificado de Registro de Título del Experto 77
Anexo 21. Certificado de Registro de Título del Usuario 78
Anexo 22. Informe antiplagio 81

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

El proyecto de titulación de nombre diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa para la conservación de la frutilla, se enmarca en la línea de investigación de desarrollo y seguridad alimentaria y responde a la sublínea de optimización de procesos tecnológicos agroindustriales, ya que a través de técnicas de conservación se pretende mantener las características organolépticas de frutas por más tiempo durante su almacenamiento con el fin de llegar al consumidor en adecuadas condiciones y cumpliendo parámetros de calidad e inocuidad.

La presente investigación también se alinea a los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir, específicamente con el Objetivo 6. Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural dentro de la política 6.1 Impulsar la producción de alimentos suficientes y saludables, así como la existencia y acceso a mercados y sistemas productivos alternativos, que permitan satisfacer la demanda nacional con respeto a las formas de producción local y con pertinencia cultural.

En la investigación sobre la importancia de las películas y recubrimientos comestibles aplicados en los productos hortofrutícolas, indican que la actual tendencia es extender el tiempo de vida útil de estos alimentos, no solo al mantener su calidad, sino que también contribuye a mejorar las características del producto con estructuras como las películas y recubrimientos comestibles capaces de generar efectos nutraceúticos y funcionales. También indican que es importante evaluar la

estabilidad microbiológica, y las propiedades físico, químicas y mecánicas de estas estructuras. (Quintero et al., 2010)

De igual forma en la investigación denominada: Películas y Recubrimientos comestibles funcionalizados, sugieren que los materiales más utilizados en la elaboración de películas comestibles y recubrimientos son las proteínas, polisacáridos, lípidos y la combinación de éstos. También indican que se han realizado diversos estudios sobre interacciones entre estos polímeros en el diseño y aplicación de películas con propiedades mecánicas y de barrera mejoradas. Algunas de las investigaciones apuntan que estas barreras cumplen varias funciones que van desde mejorar la apariencia del producto hasta evitar la contaminación y propagación microbiana. (Solano-Doblado et al., 2018)

De acuerdo a la investigación sobre compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas, indica que los recubrimientos pueden servir como un medio para integrar varios compuestos con características específicas, con la finalidad de proporcionarles mayores atributos como es el control de microorganismos. Entre los aditivos naturales están los aceites esenciales. Se tiene amplia evidencia que los aceites esenciales extraídos de diferentes plantas presentan inhibición contra hongos y bacterias. (Ramos-García et al., 2010)

1.2 Justificación

La aplicación de técnicas de conservación de alimentos ha logrado disminuir considerablemente las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas. La aplicación de recubrimientos en frutas permite prolongar la vida útil de las mismas, es por eso que con la presente investigación se pretende extender la vida útil de las frutillas con el diseño de un recubrimiento comestible, aprovechando las propiedades de la inulina de agave y el aceite esencial de hierba luisa.

Según una investigación realizada por PINO J. (2018), la composición del aceite esencial obtenido de las hojas de la hierba luisa, indica que contiene el 70%

de compuestos volátiles entre los cuales se desatacan el neral y el geranial, la investigación indica que obtuvo una baja actividad antioxidante al usar el ensayo ABTS y mostró poder antioxidante reductor férrico, mientras que tiene actividad antimicrobiana contra *St. aureus* y *S. enteritidis* seguido de *E. coli.* La actividad fue baja contra *B. subtilis, A. niger* y *P. citrinum.* (Pino et al., 2018)

La inulina de agave por su parte es una fibra prebiótica que puede potenciar el poder antioxidante de otras sustancias (Gupta et al., 2019), es por eso que se pretende combinar el aceite esencial de hierba luisa con la inulina de agave para desarrollar un recubrimiento comestible que puede presentar características funcionales.

Con el uso de estas alternativas de conservación no solo se reduce las pérdidas postcosecha, sino que además se ofrece al consumidor un producto mejorado, ya que la incorporación de la inulina a más de favorecer a las propiedades físicas de la membrana le aporta cierta cantidad de fibra prebiótica que ayuda a mantener el equilibrio de la flora intestinal.

1.3 Planteamiento del problema

Las frutas y hortalizas son una fuente importante de vitaminas y minerales necesarios en una dieta equilibrada, pero esta condición nutricional se ve afectada por un inadecuado manejo durante los procesos de cosecha, transporte y almacenamiento.

Según la FAO (2019) se estima que a nivel mundial aproximadamente el 13.8% de los alimentos producidos en el 2016 se perdieron desde el momento de su cosecha hasta llegar al consumidor minorista, siendo las frutas y las hortalizas los alimentos que generaban mayores pérdidas, alrededor del 50% del total.

Las frutas y hortalizas son alimentos altamente perecibles por su alto contenido de agua, un inapropiado manejo postcosecha y la falta de adecuados métodos de conservación conllevan al deterioro y pérdida de las características

físicas, químicas y nutricionales de estos alimentos, y con ello también a la generación de desperdicios.

Las frutillas en el Ecuador son comercializadas al granel, por eso es muy importante un adecuado manejo postcosecha y conservación de esta fruta con el fin garantizar un producto inocuo de apariencia agradable y sin pérdidas de su contenido nutricional. Actualmente, existen varios métodos de conservación que implican el uso de conservantes de origen sintético y que no aportan nutricionalmente al alimento.

En el Ecuador la mayoría de las frutas incluida la frutilla se consume en fresco con el fin de aprovechar de mejor forma los nutrientes que proporcionan, por lo que cada vez se hace más necesario generar alternativas que permitan extender la vida útil del producto y mantener o mejorar su calidad nutricional.

Por lo antes expuesto se formula el siguiente planteamiento: ¿Cómo incide la aplicación de la inulina de agave y el aceite esencial de hierba luisa en el diseño de un recubrimiento comestible para la conservación de la frutilla?

1.4 Hipótesis

Ho: Las distintas formulaciones de recubrimiento comestible a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa, no influyen en los parámetros de calidad de las frutillas a distintas condiciones de almacenamiento.

H1: Las distintas formulaciones de recubrimiento comestible a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa, si influyen en los parámetros de calidad de las frutillas a distintas condiciones de almacenamiento.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 *Objetivo General*

Evaluar la adición de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa en la elaboración de un recubrimiento comestible para la conservación de la frutilla.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Establecer las concentraciones de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa en la formulación de un recubrimiento comestible.
- Determinar características físicas de la solución formadora del recubrimiento comestible.
- Determinar el grosor como propiedad mecánica de los recubrimientos comestibles formados.
- Evaluar el efecto de los tratamientos del recubrimiento comestible en la conservación de las frutillas.

Tareas

El sistema de tareas se ha establecido de acuerdo a cada uno de los objetivos específicos planteados para la presente investigación, en el que se establece en la Tabla 1. las actividades requeridas para el cumplimiento de los objetivos, indicando el resultado de las actividades y su medio de verificación.

Tabla 1. *Sistema de tareas o actividades por objetivo*

Objetivos	Actividad tarea	Resultado de la actividad	Medios de verificación
Establecer las concentraciones de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa en la formulación de un recubrimiento comestible	• Identificación de variables para la formulación de un recubrimiento comestible a base de inulina y aceite esencial de hierba luisa • Aplicación del diseño experimental	Determinación de las formulaciones de los tratamientos en estudio	Diseño experimental para la formulación del recubrimiento comestible
Determinar características físicas de la solución del recubrimiento comestible.	• Elaborar los recubrimientos en base al diseño experimental establecido. • Medición de parámetros físicos: densidad y viscosidad en la solución formadora del recubrimiento	Recubrimientos comestibles caracterizados en función de su densidad y viscosidad	Análisis realizados a cada uno de los tratamientos en estudio.
Determinar el grosor como propiedad mecánica de los recubrimientos comestibles formados.	• Formación del recubrimiento a partir de la solución obtenida de cada tratamiento • Medición del grosor de del recubrimiento comestible formado	Comparación de las medidas de grosor de los recubrimientos comestibles formados de acuerdo a cada formulación	Análisis de las medidas de grosor del recubrimiento comestible formado
Evaluar el efecto de los tratamientos del recubrimiento comestible en la conservación de las frutillas.	• Análisis de pérdida de peso, pH, sólidos solubles, producción de etileno y afectación por hongos de cada uno de los tratamientos almacenados a temperatura ambiente y refrigeración	Análisis de la conservación de las frutillas con el recubrimiento comestible y su mejor condición de almacenamiento	Tiempo de conservación de las frutillas en cada uno de los tratamientos analizados

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Etapas

En la Tabla 2. se detalla las diferentes etapas por las que ha transitado la investigación durante su ejecución.

Tabla 2. *Etapas de la elaboración del proyecto de investigación*

Etapa	Descripción
Formulación del recubrimiento comestible	Evaluación de diferentes concentraciones de inulina y aceite esencial de hierba luisa en la formulación del recubrimiento.
Caracterización del recubrimiento comestible	Caracterización de la solución formadora del recubrimiento en función de su viscosidad y densidad Determinación del grosor del recubrimiento comestible formado
Efecto del recubrimiento con mejores características en la conservación de la frutilla	Determinación del tiempo de vida útil en frutillas con recubrimiento comestible a dos condiciones de almacenamiento

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Fundamentación Científico Técnica

2.1.1 Recubrimientos Comestibles

Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz trasparente, continua y delgada que actúa como una barrera envolvente sobre un alimento, que generalmente se aplica mediante inmersión, y es consumida como parte del alimento (Fernández Valdés et al., 2015).

Los RC pueden ser diseñados a partir de varios componentes que aportan propiedades específicas al recubrimiento estos pueden ser: polisacáridos, proteínas, lípidos, agentes plastificantes, que otorgan características como transparencia, dureza, comestibilidad, y generan una barrera contra el oxígeno y vapor de agua. (Fernández Valdés et al., 2015)

Se denominan películas o recubrimientos bioactivos o inteligentes cuando los recubrimientos o películas son capaces de cambiar las condiciones del alimento, extender la vida de anaquel, mejorar la seguridad microbiológica o las propiedades sensoriales, éstas también pueden integrar ingredientes con actividad funcional como antioxidantes, vitaminas, prebióticos y probióticos. (Solano-Doblado et al., 2018).

2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles

De acuerdo a la investigación de (Solano-Doblado et al., 2018). Las propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles dependen de los materiales que se utilicen en su formulación, y el uso final al que se destina. Entre las más importantes se pone a consideración las siguientes:

2.1.2.1 Barrera de gases

Un recubrimiento comestible debe tener la capacidad de contralor el intercambio de O_2, CO_2 y vapor de agua, que va a depender de las condiciones de humedad relativa al que se encuentre expuesto el recubrimiento comestible. Según (Fernández Valdés et al., 2015) en su investigación menciona que al regular la transferencia de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aroma, y compuestos de sabor en alimentos, los recubrimientos y películas comestibles han demostrado la capacidad de mejorar la calidad sensorial y nutricional, generar valor agregado y prolongar su vida de anaquel.

2.1.2.2 Permeabilidad al vapor de agua

Este análisis es sumamente importante en los recubrimientos comestibles porque una baja permeabilidad retarda la pérdida de peso en el fruto. La transferencia de vapor de agua, depende generalmente de la porción hidrofóbica de los componentes de la película o recubrimiento comestible. La tasa de transmisión al vapor de agua dividida entre la diferencia de presión de vapor a través de la película constituye la permeabilidad de la película. La permeabilidad multiplicada por el espesor de la película es la trasmisión al vapor de agua. (Mederos-Torres et al., 2020)

2.1.2.3 Resistencia a la tensión, elongación y rompimiento

Estas propiedades están relacionadas con la estructura química del recubrimiento o película. La resistencia a la tensión (TS, MPa) se refiere a la máxima resistencia que presenta la película al estiramiento, mientras que la elongación al rompimiento (EB, %) es la medida de la capacidad de estiramiento o flexibilidad que tiene la película, en ambas, se miden hasta que el recubrimiento se rompe. En la investigación sobre Elaboración, caracterización y comparación de películas comestibles en base a aislado de proteínas de suero lácteo (WPI) realizada por (Escobar et al., 2011) menciona que las películas soportan mayor fuerza cuando disminuye la

concentración de los plastificantes y que el uso del glicerol proporciona mayor elasticidad.

2.1.3 Materiales utilizados en la elaboración de un recubrimiento comestible

2.1.3.1 Polisacáridos

Los polisacáridos son biopolímeros que permiten formar una matriz estructural del recubrimiento comestible, ya que le otorga una apariencia transparente y homogénea con propiedades mecánicas moderadas, pero no adquieren buenas características de solubilidad en agua y presentan una barrera ineficiente al paso de humedad. Es importante combinar siempre con otros biopolímeros.

Generalmente se utilizan polisacáridos derivados de la celulosa, pectinas, almidones y derivados de este, alginatos, carragenina, quitosano y gomas. (Vazquez Briones M.C. & Guerrero Beltrán J.A., 2013)

2.1.3.2 Proteínas

Las proteínas componen recubrimientos con mayor grado de permeabilidad al vapor de agua por su naturaleza hidrofílica, pero constituyen una apropiada barrera frente al oxígeno, que ayuda a controlar el intercambio de gases entre el fruto y el medio ambiente, además otorga al recubrimiento comestible propiedades mecánicas favorables.

Las proteínas de la leche generalmente son la fuente más utilizada para la obtención de recubrimientos y junto a los polisacáridos establecen recubrimientos comestibles compuestos. (Vazquez Briones M.C. & Guerrero Beltrán J.A., 2013)

2.1.3.3 Lípidos

Los lípidos son de naturaleza hidrófoba por lo que favorecen a la presencia de una buena barrera de humedad, reduciendo la pérdida de aguan en las frutas recubiertas, aportan en el mejoramiento del color y brillo de los frutos, además de proporcionar capacidad antioxidante y antimicrobiana al

recubrimiento, sin embargo, su naturaleza limita formar recubrimientos cohesivos por lo que nuevamente se evidencia la necesidad de combinar con otros materiales. (Vazquez Briones M.C. & Guerrero Beltrán J.A., 2013).

Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y películas comestibles se pueden mencionar los aceites esenciales de plantas, las ceras (abejas, candelilla y carnauba), resinas, monoglicéridos, diglicéridos y los ácidos grasos. (Fernández Valdés et al., 2015)

2.1.4 Ventajas y desventajas de los recubrimientos comestibles

Las ventajas de los recubrimientos comestibles son mayores que las desventajas que dichos recubrimientos puedan presentar, ya que, al controlar transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento. Sin embargo; al recubrir un fruto u hortaliza para retardar la pérdida de humedad, es necesario que exista una cierta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono para evitar una respiración anaeróbica que podría inducir desórdenes fisiológicos y una pérdida rápida de la calidad y vida de anaquel en los mismos. (Fernández Valdés et al., 2015).

2.1.5 Inulina

La inulina es un carbohidrato no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. En la actualidad, a nivel industrial se extrae de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*) y se utiliza ampliamente como ingrediente en alimentos funcionales. La inulina y sus derivados (oligofructosa, fructooligosacáridos) son generalmente llamados fructanos, que están constituidos básicamente por cadenas lineales de fructosa. (Madrigal y Sangronis, 2007).

La inulina es una mezcla de polisacáridos de fructosa (fructanos), compuesta por cadenas de más de 12 unidades, que se sintetizan en el interior de la planta como reserva energética; las cadenas cortas de inulina se llaman fructooligosacáridos (FOS). (Escobar-Ledesma et al., 2020)

2.1.6 Inulina de agave

Según, (Bouaziz et al., 2014) en su estudio menciona que la inulina se encuentra presente en la mayoría de variedades de *Agave americano*, la extracción se puede realizar ya sea de sus hojas o del meristemo de la planta.

Para la obtención de la inulina de agave se procede con el corte de las cabezas y hojas de agave para su posterior secado, los materiales secos se muelen y el polvo obtenido se diluye en agua con agitación constante y a baño maría con temperaturas entre 50 a 60 ºC por un tiempo entre 30 a 60 minutos. La disolución luego se centrifuga a 10000 rpm por 10 minutos, y el sobrenadante es sometido a una extracción alcohólica. (Montañez et al., 2011)

Los fructanos de agave tienen interés nutracéutico debido a su resistencia a la digestión humana y mayor fermentación por la microflora colónica, como *Bificobacterium* que produce ácidos grasos de cadena corta (AGCC). En las investigaciones también se menciona que la inulina de agave era más accesible a las enzimas y fácilmente fermentada, en comparación a otros fructanos de cadena larga. (Santos-Zea et al., 2012)

2.1.7 Características físico – químicas de la inulina

En el análisis proximal de la inulina de agave se presenta un bajo contenido de agua (5,86%) lo que favorece su conservación, el contenido de fibra total fue el más alto (38,40%), seguido del contenido proteico (35,33%), con un porcentaje relativamente bajo se encuentran los lípidos (2,03%) y cenizas (5,94%). (Bouaziz et al., 2014)

La fracción soluble estuvo representada principalmente por fructanos. Los fructanos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (intestino grueso, colón). De esta manera, este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética. (Madrigal y Sangronis, 2007).

A nivel industrial, la inulina se presenta como un polvo blanco, sin olor, con sabor neutral y sin efecto residual, pero la oligofructosa además de su presentación

en polvo se consigue como jarabe viscoso (75% de materia seca), ambos incoloros. La inulina nativa, a diferencia de la inulina de alta pureza, contiene azúcares libres (glucosa, fructosa, sacarosa), lo que le confiere cierto dulzor (10% del dulzor de la sacarosa). La inulina de alta pureza presenta menor solubilidad que la inulina nativa, debido a la casi total ausencia de azúcares libres (0,5 % de materia seca). (Madrigal y Sangronis, 2007).

La inulina de agave tiene un potencial para establecer sinergia con geles mejorando su estructura. En la investigación de (Bouaziz et al., 2014) se compara mezclas de inulina de agave con diferentes agente gelificantes para el evaluar el efecto de la mezcla sobre la estructura del gel, resultando una mejor sinergia con las pectinas. Con respecto a la oligofructosa, tiene mayor solubilidad y dulzor, así como un efecto sinergístico con edulcorantes como el acesulfame K-aspartame, con mejoras en el efecto residual. (Madrigal y Sangronis, 2007).

2.1.8 Aceite esencial de hierba luisa

Los aceites esenciales se definen como sustancias volátiles de una mezcla compleja de componentes químicos (terpenos, monoterpenos, terpenoides, alcoholes, aldehídos y cetonas) que se evaporan al entrar en contacto con el aire y son biosintetizados por plantas. (Vazquez-Briones et al., 2015).

Cymbopogon citratus, es el nombre científico con el que se conoce a la hierba luisa en Ecuador, una planta ampliamente cultivada en el país debido a sus propiedades medicinales y aromáticas.

El aceite esencial (AE) obtenido de las hojas de hierba luisa, es ampliamente utilizado en las industrias de perfumería, alimentos y farmacéutica, debido a su alto contenido de citral (una mezcla de isómeros nerales y geraniales) que son responsables del fuerte aroma a limón y que le otorga capacidad antimicrobiana, incluida la inhibición de patógenos y el deterioro microorganismos. (Pino et al., 2018).

Los aceites esenciales muestran propiedades antibacterianas, antifúngicas, antivirales, insecticidas y antioxidantes. Debido a esas propiedades, los aceites esenciales de algunas plantas han sido incorporados en películas comestibles. Por otro lado, se ha demostrado que algunos AE proporcionan un efecto positivo en las

propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua en películas comestibles. (Vázquez-Briones & Guerrero-Beltrán, 2017)

2.1.9 Composición del aceite esencial de hierba luisa

El aceite esencial de hierba luisa *(Cymbopogon citratus)* se obtiene de sus hojas y está compuesto casi en su totalidad por derivados oxigenados de monoterpenos, alrededor del 87.88%. Entre los compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* se encuentran: β-mirceno, citronelal, citronelol, nerol y en mayor porcentaje el neral, *trans*-geraniol y geranial como se muestra en la tabla 3. (D'Armas Regnault, H., Montesino, K., Jaramillo Jaramillo, C., & León, 2017).

Tabla 3. *Composición química del aceite esencial de las hojas de Cymbopogon citratus*

Constituyente	Porcentaje (%)
β-mirceno	1.07
Citronelal	3.07
Citronelol	1.68
Nerol	1.98
Neral	18.77
Trans-geraniol	31.55
Geranial	31.23

Fuente: *(D'Armas Regnault, H., Montesino, K., Jaramillo Jaramillo, C., & León, 2017)*

2.1.10 Frutilla (Fragaria x ananassa dutch)

La frutilla es una fruta tipo baya de color rojo brillante, suculenta y de aroma agradable (Barrazueta-Rojas et al., 2018). Es el fruto que se obtiene de la planta de fresa que pertenece a la familia Rosáceas, subfamilia Rosídeas, tribu Potentilea, género Fragaria, especie *Fragaria x ananasa.* (Guerrero Ramírez, 2017).

La fresa es una planta rastrera, el tallo crece al ras del suelo donde se originan los estolones, y a partir de estos, las plántulas idénticas a la planta madre. El fruto es un aquenio y corresponde a las semillas que se encuentran insertadas en

el receptáculo carnoso y ensanchado que corresponde a la parte comestible de la fresa como se puede observar en la Figura 1. Su tamaño puede estar comprendido entre 2 a 4 cm de diámetro dependiendo de la variedad. La maduración en climas templados se presenta 30 días después de la floración (Caminiti, 2015).

Figura 1

Morfología de la Frutilla (Fragaria x ananassa)



Nota. Adaptado de *Cosecha y Poscosecha de frutilla* (p. 103), por Becerra *et. Al*, 2008

El cultivo de la frutilla se adapta fácilmente a diversas condiciones edafoclimáticas por lo que se puede cultivar en varias regiones del país y en cualquier época del año. En el Ecuador, según información obtenida de EL COMERCIO (2011), la mayor producción de frutilla se registra en la provincia de Pichincha con 400 hectáreas cultivadas, le sigue la provincia de Tungurahua con 240 hectáreas y con una producción superior a las 40 hectáreas las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo y Azuay.

2.1.11 Valor nutricional de la frutilla

La frutilla es una fruta con un importante contenido nutricional por su aporte de antioxidantes como vitamina C, betacarotenos y vitamina E, además de ácidos orgánicos como el cítrico. (Caminiti, 2015). Los contenidos aproximados en cuanto a macronutrientes se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. *Composición química aproximada de la frutilla en % de peso fresco de la porción comestible*

Componente	**Porcentaje en 100g de porción comestible (%)**
Agua	89.6
Proteína	0.7
Carbohidratos	7
Lípidos	0.5
Fibra	2.2

Fuente: *Adaptado de Alimentos Composición y Propiedades* p.(193) (Antiasarán Anchía I, 2000)

2.1.12 Parámetros de calidad de la frutilla

La frutilla se considera una fruta no climatérica, por lo que la cosecha se realiza una vez ha alcanzado su estado óptimo de madurez. A pesar de que la fruta no sigue madurando una vez cosechada, existe parámetros como el color y firmeza que van cambiando con el tiempo. (Caminiti, 2015). La frutilla es un producto muy perecedero y susceptible al ataque de microorganismo principalmente hongos, lo que provoca pérdida de la calidad del fruto en poco tiempo. A continuación, se detalla los factores que influyen en la calidad de la frutilla.

Índice de madurez. El índice de madurez en las frutillas se determina básicamente por el color de la fruta. La recolección se realiza cuando al menos 2/3 o 3/4 de la superficie de la frutilla presenta color rojo o rosa.

Respiración. La frutilla tiene una alta tasa de respiración que esta entre los 50 – 100 ml CO2/kg-h a 20º C, que depende de la temperatura, índice de madurez, condiciones de almacenamiento, concentración de gases y cantidad de etileno. (Almenar, 2005).

Pérdida de peso. La elevada tasa de transpiración que tiene la frutilla produce pérdida de agua, lo que implica cambios en su aspecto en cuanto a la textura y jugosidad del fruto. Otro factor que influye en la pérdida de agua es la fina piel que posee la frutilla que no otorga una buena barrera exterior. (Almenar, 2005)

Firmeza. Se relaciona con la textura de la fruta al momento de ser masticada y percibida en la boca, está estrechamente relacionada con el índice de madurez mientras más madura más suave al paladar se sentirá la fruta. (Almenar, 2005)

pH. Es uno de los parámetros que no varía mucho durante su periodo poscosecha de la frutilla debido a la presencia de ácidos orgánicos que actúan como tampón, que neutralizan cualquier cambio de pH. (Almenar, 2005)

Contenido de sólidos solubles. El contenido de sólidos solubles refleja la concentración de azúcares y cierto tipo de ácidos presente en la frutilla. Al momento de su cosecha se acepta un mínimo de 7% que va a depender también de la variedad de la frutilla. Este valor puede ir disminuyendo en función del tiempo y de las condiciones de almacenamiento y empaque de la fruta. (Almenar, 2005)

Acidez titulable. Expresada en porcentaje de ácido cítrico, se recomienda un valor máximo de 0.8% y es importante para identificar el grado de madurez en el que se encuentra la frutilla. (Almenar, 2005).

2.1.13 Principales daños ocasionados en la poscosecha de la frutilla.

La principal causa de los daños ocasionados en la poscosecha de la frutilla se debe a la presencia de hongos y por daño mecánico. Dentro de las enfermedades que presenta la frutilla, la más seria es la pudrición producida por *Botrytis cinerea* (hongo gris). La enfermedad produce manchas en el fruto de color marrón claro. Es más frecuente observar la lesión en la zona del cáliz, pero puede aparecer en cualquier parte del fruto, en especial en zonas que están en contacto con el suelo o sobre zonas del mulch de nylon que contenga agua. La pudrición puede extenderse a todo el fruto, el cual rápidamente queda cubierto por un moho gris que corresponde a las esporas del hongo. (Giménez et al., 2013)

La pudrición por Rhizopus (causada por *Rhizopus spp*) y la descomposición de la piel causada por *Phytophtora cactorum,* son otras de las enfermedades que atacan a la frutilla en la poscosecha. La descomposición por Rhizopus puede causar pérdida de jugo y desarrollo de un moho blanco con esporas negras. El tejido afectado por *Phytophtora cactorum* llega a decolorarse y a suavizarse y puede perder jugo. Bajo condiciones de humedad se puede desarrollar un moho blanco. (Alcántara, 2009)

2.2 Fundamentación del Estado del Arte

Las investigaciones previas que se han realizado sobre recubrimientos comestibles con varias formulaciones han permitido combinar distintos componentes para generar nuevas propuestas para la conservación de frutas.

En relación al uso de la inulina para aplicaciones biomédicas y nutricionales, (Gupta et al., 2019), manifiesta en su investigación que la inulina es un polisacárido flexible que mejora las condiciones nutricionales de los productos alimenticios. La inulina no se digiere ni fermenta en la porción inicial del sistema digestivo y llega directamente a la porción distal del colon. En biopelículas la inulina es estable a pH ácido y conjugado con otro tipo de polisacáridos como el quitosano potencia su función.

En la investigación realizada por (Vázquez-Briones & Guerrero-Beltrán, 2017), titulada Efecto del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* sobre propiedades físicas químicas en películas de quitosano, se evidenció que la adición del aceite esencial *C. citratus*, mostró una disminución en los valores humedad, solubilidad y permeabilidad al vapor de agua de la película.

En el estudio realizado por (Barrazueta-Rojas et al., 2018) sobre "Propiedades fisicoquímicas y aplicación de recubrimientos comestibles en la conservación de fresa *(Fragaria x Ananassa)*" menciona que el uso de membranas comestibles, con agentes bioactivos como el aceite esencial de clavo de olor y las bajas temperaturas, permitieron extender hasta un máximo de cinco días los parámetros físicos químicos y microbiológicos del fruto en estudio. En relación a los resultados obtenidos el recubrimiento de gelatina presenta las mejores características con un menor porcentaje de pérdida de peso (5.26), un retraso en el ablandamiento de la textura (9.92N), ralentización de la senescencia manteniendo la estabilidad de sólidos solubles (7,49%), pH (3,69), acidez (0,73%) y mejor inhibición de la proliferación de mohos y levaduras en la fresa.

En el desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación de tomate de árbol, investigación realizada por (Andrade et al., 2014), se estudia la viabilidad de utilizar cera de laurel para la elaboración de un recubrimiento con el fin de prolongar el tiempo de vida útil del tomate de árbol. La

pérdida de peso del fruto fue el parámetro determinante para evaluar las nueve formulaciones propuestas, en las que se combinó la cera de laurel, aceite de oliva, Tween 80, propilenglicol, glicerol y glucosa, además de diferentes relaciones de almidón de yuca y agua. El recubrimiento comestible resultó efectivo para la reducción de pérdida de peso, proporcionó una mejor apariencia y firmeza en el fruto y el tiempo de vida útil se incrementó en un 25% respecto al testigo expuestos a condiciones similares de almacenamiento.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología

3.1.1 Tipos de investigación

Los tipos de investigación que se desarrollaron en el proyecto de investigación son:

3.1.1.1 Investigación experimental

La investigación experimental es un proceso sistemático en donde el investigador manipula una o más variables como son: variables dependientes e independientes con el propósito de precisar la relación causa efecto, por ende, un conjunto de variables se mantiene constante mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto de experimento.

Este tipo de investigación se ha planteado con la finalidad de estudiar las variables en el proceso de formulación del recubrimiento comestible y su influencia en la conservación de la frutilla

3.1.1.2 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica es aquella etapa de la investigación científica, la cual abarca a los diferentes tipos de investigación, dentro de esta investigación se tomó como referencia fuentes bibliográficas de artículos científicos, libros, revistas, tesis de temas de cuarto nivel o de doctorado que tengan relación con las variables de estudio, diseño de recubrimientos comestibles y la conservación de frutas.

3.1.1.3 Investigación descriptiva

La investigación descriptiva o método descriptivo de investigación es el procedimiento usado en la ciencia para describir las características del fenómeno, sujeto o población a estudiar, esta metodología se centra más en el "qué", en lugar del "por qué" del sujeto de investigación. En la investigación se realizará un análisis sobre las características de cada uno de los componentes que se requieren en la elaboración de un recubrimiento comestible.

3.1.2 Técnicas e instrumentos

Las técnicas de investigación que se utilizarán esta:

3.1.2.1 Lectura científica.

Se realizará con el fin de sintetizar a través de la lectura comprensiva la mayor parte de información científica que se encuentra disponible en las diferentes bases de datos. El instrumento que permitirá llevar a cabo esta técnica será fichas nemotécnicas que guarden la información más importante de lo investigado bibliográficamente.

3.1.2.2 Observación.

Al ser una investigación experimental, se debe observar atentamente los fenómenos que ocurren durante la manipulación de las variables dependientes e independiente involucradas en la investigación. Se utilizará un registro específico como instrumento para conservar los datos más importantes observados durante la parte experimental de la investigación.

3.2 Investigación Descriptiva

3.2.1 Obtención de la materia prima

La frutilla utilizada para el estudio fue adquirida en el mercado mayorista del cantón Latacunga, proveniente de la provincia de Tungurahua, cosechada el día anterior al ensayo experimental. La fruta adquirida se trasladó de manera inmediata al laboratorio donde fue procesada el mismo día. La frutilla fue seleccionada de acuerdo a su índice de madurez, para lo cual se tomó como parámetro de selección su color. Se seleccionaron aquellas frutillas que presentaban coloración roja en los 2/3 o 3/4 de su superficie de acuerdo a las consideraciones hechas por (Becerra et

al., 2008) en el manual de cosecha y poscosecha de frutilla, además se eliminó frutos con presencia de hongos o daño mecánico.

3.2.2 Formulación del recubrimiento

En la formulación del recubrimiento comestible se utilizó polvo de inulina de agave (*Agave americano*) comercial 100% orgánico, aceite esencial comercial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) obtenido por arrastre de vapor. La inulina se utilizó en concentraciones de 5 y 10% con y sin la adición de aceite esencial en una concentración del 0,1%, además se añadió a la formulación glicerol como agente plastificante al 10%, carboximetilcelulosa (CMC) al 1% y el restante se completó con agua destilada.

Para la preparación del recubrimiento se pesó cada uno de los insumos, se dosificó la cantidad de agua destilada necesaria y se llevó a la plancha de calentamiento con agitación constante, donde se fueron añadiendo cada uno de los materiales empezando por la inulina, una vez disuelto todo el polvo y cuando la preparación alcanzó una temperatura de 40º C se incorporó carboximetilcelulosa (CMC) y con la ayuda de una licuadora de mano se homogenizó la mezcla con el fin evitar la presencia de grumos, cuando la preparación alcanzó los 60º C se incorporó el glicerol manteniendo una agitación constante de 600 rpm hasta alcanzar los 80 ºC, temperatura en la cual se añadió el aceite esencial de hierba luisa, se incrementó la agitación a 800 rpm por 10 minutos con fin de emulsionar el aceite esencial con el resto de ingredientes. Se filtró y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

3.2.3 Caracterización de la solución y del recubrimiento formado

Las diferentes soluciones del recubrimiento comestible obtenido fueron sometidas a análisis físico químicos para determinar sus características, se evaluó:

3.2.3.1 Densidad relativa

La densidad se determinó por el método volumétrico, para lo cual se utilizó un picnómetro de 10 ml previamente lavado y secado. Para el presente ensayo el picnómetro se pesó primero vacío, luego con agua destilada y finalmente con la

solución del recubrimiento comestible, se registró cada una las mediciones. La densidad se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$\rho_s = \frac{m_{p+s} - m_p}{m_{p+a} - m_p} \times \rho_a$$

Donde:

ρ_s = Densidad de la solución

m_{p+s} = Masa del picnómetro con la solución

m_p = Masa del picnómetro vacío

m_{p+a} = Masa del picnómetro con agua

ρ_a = Densidad conocida del agua

3.2.3.2 Viscosidad

La viscosidad se determinó en cada una de las formulaciones con un reómetro Brokfield con rotor 4 a una velocidad de 50 rpm a una temperatura ambiente de 19,6 ºC. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimento de la Universidad Técnica de Ambato.

3.2.3.3 pH

La determinación del pH se realizó con un potenciómetro digital portátil de marca Analytical Instruments modelo pH3508, se tomó una muestra de la preparación del recubrimiento y se procedió a medir directamente.

3.2.3.4 Sólidos solubles

Para los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital automático marca HANNA y se colocó una pequeña cantidad de la muestra en el prisma y se procedió a registrar la lectura.

3.2.4 Derterminación del grosor del recubrimiento comestible formado.

3.2.4.1 Análisis del grosor del recubrimiento comestible formado.

Una vez que se obtuvo las diferentes soluciones del recubrimiento se tomó 10 ml con una pipeta y se colocó en una caja Petri, se llevó a una estufa de aire forzado a 40ºC durante 24 horas. Una vez seco el recubrimiento se procedió a

determinar el grosor con la ayuda de un micrómetro digital. Se tomaron las mediciones en tres diferentes puntos del recubrimiento comestible formado. Se compararon los valores obtenidos de cada una de las formulaciones del recubrimiento comestible.

3.2.5 Aplicación del recubrimiento en frutillas (Fragaria ananassa)

Las frutillas seleccionadas fueron lavadas y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio y agua a una concentración 100 ppm. Luego fueron sometidas a inmersión en la solución del recubrimiento comestible por 30 segundos, se dejó escurrir por 15 minutos y luego se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 30º C por una hora.

3.2.6 Almacenamiento

Las frutillas fueron almacenadas en envases plásticos de poliestireno biorientado a los cuales previamente se realizó orificios para evitar que se forme una atmósfera adicional a la creada por el recubrimiento comestible. Se sometieron a dos condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (20º C ± 2) y a temperatura de refrigeración (4º C ± 1)

3.2.7 Evaluación del recubrimiento en la conservación de frutillas (Fragaria ananassa)

Para evaluar el efecto de los tratamientos formulados de recubrimiento comestible en la conservación de las frutillas, se realizaron análisis físicos y químicos durante el periodo de almacenamiento en los días 1, 4, 7 y 10. Se utilizó 20 frutillas por tratamiento y se realizó los siguientes análisis.

3.2.7.1 **Pérdida de peso**

Para la determinación del porcentaje de pérdida de peso, se registró el peso de 10 frutillas por cada tratamiento durante el periodo de almacenamiento, luego se procedió a calcular mediante la siguiente fórmula.

$$\%PP = \frac{Wi - Wf}{Wi} \times 100$$

Donde:

%PP = Porcentaje de pérdida de peso

Wi = Peso inicial

Wf = Peso final

3.2.7.2 Sólidos solubles

Para los sólidos solubles se obtuvo el zumo de las frutillas y se colocó una gota en el prisma de un refractómetro digital marca HANNA y se procedió a registrar la lectura. El procedimiento se realizó por cada uno de los tratamientos durante el periodo de almacenamiento.

3.2.7.3 pH

Con la ayuda de un mortero se trituró 10 gramos de frutilla con 90 ml de agua destilada y con la ayuda de un potenciómetro se procedió a tomar la lectura del pH para cada tratamiento durante el periodo de almacenamiento.

3.2.7.4 Producción de etileno

Se registró mediante un analizador portátil de etileno marca FELIX INSTRUMENTS modelo F-950. Se introdujo la sonda en el envase que contenía las frutillas, se seleccionó la función de flujo no continuo en el dispositivo para realizar el análisis de etileno. Se registro la lectura en ppm. Las mediciones se realizaron en cada tratamiento de estudio durante el periodo de almacenamiento.

3.2.7.5 Índice de afectación por hongos

El índice de afectación por hongos en frutillas se calculó adaptando la metodología utilizada por Orjeda, citada por Merchán – Gaitán y otros, en su estudio sobre el efecto de dos cepas de *Trichoderma* en el control de *Botrytis cinerea* y la calidad del fruto en fresa, en donde se propone el uso de una escala descriptiva que se muestra en la Tabla 5, para clasificar los frutos con afectación por hongos visiblemente perceptibles. (Merchán Gaitán et al., 2014).

Tabla 5. *Categorías para el índice de afectación por hongos*

Categoría	Número de frutos afectados
0	Frutos sanos
1	Menos de 2
2	3 – 4
3	5 – 6
4	7 – 8
5	Más de 8

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

El índice de afectación se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$IA = \frac{0 \times n_0 + 1 \times n_1 + 2 \times n_2 + 3 \times n_3 + 4 \times n_4 + 5 \times n_5}{(N-1) \times T} \times 100$$

Donde;

IS = Índice de afectación por hongos

0, 1, 2, 3, 4, 5 son las categorías de la escala descriptiva

n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 y n_5, corresponde al número de frutos afectados por hongos en cada tratamiento.

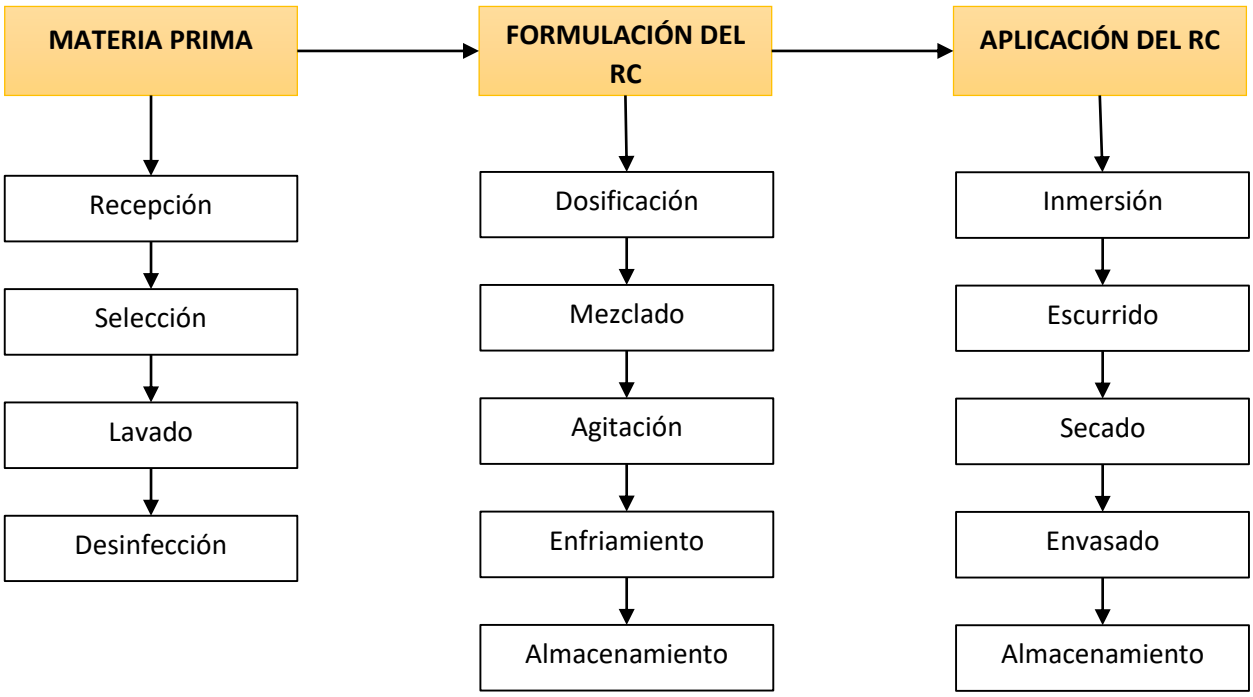
N, es el número de categoría empleadas en la escala

T, es el número total de frutos evaluados en cada tratamiento.

3.2.7.6 Perfil sensorial

Se realizó un perfil sensorial de las frutillas con las diferentes formulaciones del recubrimiento comestible mediante un análisis cuantitativo descriptivo con la ayuda de una escala lineal no estructurada para describir la intensidad de los atributos de las frutillas con el recubrimiento. El valor se toma midiendo exactamente la distancia del punto marcado desde el punto de referencia. (Liria, 2007) La ficha utilizada para la descripción de los atributos se muestra en el Anexo 17. Los datos obtenidos se analizan mediante un gráfico radial. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor, jugosidad y apariencia global.

3.2.8 Diagrama de flujo del proceso



3.3 Investigación experimental.

3.3.1 Diseño Experimental

Para la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del recubrimiento se evalúo la concentración de inulina de agave y del aceite esencial de hierba luisa en la formulación de recubrimiento. Se aplicó un arreglo factorial A x B, con una réplica.

Para la conservación de las frutillas se evaluó las cuatro formulaciones de recubrimiento a dos condiciones de almacenamiento durante 10 días, con el fin de determinar la interacción entre los factores de estudio y el mejor tiempo de conservación de las frutillas se aplicó un diseño de bloques al azar, con una réplica, considerando los tiempos de almacenamiento como otro factor de estudio.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el software estadístico Statgraphics Centurion XVI

3.3.2 Factores de Estudio

Los factores de estudio que se consideraron para la caracterización del recubrimiento fueron: la concentración de inulina de agave (Factor A) y el aceite esencial de hierba luisa (Factor B). Los factores de estudio con sus respectivos niveles se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. *Factores de estudio y niveles para la caracterización del recubrimiento comestible*

FACTORES	U.M.	TIPO	NIVEL	
Concentración de inulina de agave	%	Numérico	1 2	5% 10%
Aceite esencial de hierba luisa	%	Numérico	1 2	0% 0.1%

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

De la combinación de los factores se obtuvo cuatro tratamientos con su respectiva réplica que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. *Tratamientos para la caracterización del recubrimiento*

Réplica	Tratamiento	Inulina de agave (%)	Ac. Esencial de hierba luisa (%)
1	1	5	0
1	2	10	0
1	3	5	1
1	4	10	1
2	5	5	0
2	6	10	0
2	7	5	1
2	8	10	1

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En la evaluación de la conservación de la frutilla se evaluó las formulaciones del recubrimiento (Factor A), las condiciones de almacenamiento (Factor B) y los días de control durante el almacenamiento (Factor C) más un control que corresponde a las frutillas sin recubrimiento. Las variables respuesta para este estudio fueron: el porcentaje de pérdida de peso, los sólidos solubles, el pH, y la producción de etileno. En la tabla 8 se muestra los factores de estudio y sus respectivos niveles

Tabla 8. *Factores de estudio y niveles para la evaluación de la conservación de la frutilla*

FACTORES	U.M	TIPO	NIVEL	DESCRIPCIÓN
Formulaciones del recubrimiento		Nominal	1 2 3 4 5	ST *(Sin tratamiento)* RC1 *(5% de inulina de agave, 0% aceite esencial de hierba luisa)* RC2 *(10% de inulina de agave, 0% aceite esencial de hierba luisa)* RC3 *(5% de inulina de agave, 0.1% aceite esencial de hierba luisa)* RC4 *(10% de inulina de agave, 0.1% aceite esencial de hierba luisa)*
Condiciones de almacenamiento	ºT	Nominal	1 2	Refrigeración Ambiente
Días de almacenamiento	Días	Nominal	1 2 3 4	1 día 4 días 7 días 10 días

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En la tabla 9 se muestra los tratamientos producto de la combinación de los factores de estudio para evaluar el tiempo de conservación de las frutillas con recubrimiento comestible.

Tabla 9. *Tratamientos para evaluar el tiempo de conservación de las frutillas*

Días de almacenamiento	Tratamiento	Descripción
1	ST1	Frutillas sin recubrimiento, Refrigeración
	ST2	Frutillas sin recubrimiento, Ambiente
	T1	RC1, Refrigeración
	T2	RC1, Ambiente
	T3	RC2, Refrigeración
	T4	RC2, Ambiente
	T5	RC3, Refrigeración
	T6	RC3, Ambiente
	T7	RC4, Refrigeración
	T8	RC4, Ambiente
2	ST1	Frutillas sin recubrimiento, Refrigeración
	ST2	Frutillas sin recubrimiento, Ambiente
	T1	RC1, Refrigeración
	T2	RC1, Ambiente
	T3	RC2, Refrigeración
	T4	RC2, Ambiente
	T5	RC3, Refrigeración
	T6	RC3, Ambiente
	T7	RC4, Refrigeración
	T8	RC4, Ambiente
3	ST1	Frutillas sin recubrimiento, Refrigeración
	ST2	Frutillas sin recubrimiento, Ambiente
	T1	RC1, Refrigeración
	T2	RC1, Ambiente
	T3	RC2, Refrigeración
	T4	RC2, Ambiente
	T5	RC3, Refrigeración
	T6	RC3, Ambiente
	T7	RC4, Refrigeración
	T8	RC4, Ambiente
4	ST1	Frutillas sin recubrimiento, Refrigeración
	ST2	Frutillas sin recubrimiento, Ambiente
	T1	RC1, Refrigeración
	T2	RC1, Ambiente
	T3	RC2, Refrigeración
	T4	RC2, Ambiente
	T5	RC3, Refrigeración
	T6	RC3, Ambiente
	T7	RC4, Refrigeración
	T8	RC4, Ambiente

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

CAPÍTULO IV. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 Análisis y discusión de resultados

4.1.1 Caracterización de la solución y del recubrimiento formado

Se caracterizó los cuatro tratamientos obtenidos en función de la densidad y viscosidad de la solución formadora del recubrimiento, mientras que en el recubrimiento formado se evalúo el grosor. Los resultados alcanzados se exponen a continuación.

4.1.1.1 Densidad

En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza, donde se puede observar que la concentración de aceite esencial de hierba luisa influye significativamente en la densidad de la solución formadora del recubrimiento, mientras que la concentración de inulina no muestra diferencia significativa, así como tampoco su interacción.

Tabla 10. *Análisis de varianza para la Densidad*

Fuente	***SC***	***Gl***	***CM***	***Razón-F***	***Valor-P***
A: Inulina de agave	0,000010125	1	0,000010125	0,30	0,6206
B: Ac. esencial de hierba luisa	0,000666125	1	0,000666125	19,91	0,0210*
AB	0,000006125	1	0,000006125	0,18	0,6976
Bloques	0,000066125	1	0,000066125	1,98	0,2544
Error total	0,000100375	3	0,0000334583		
Total (corr.)	0,000848875	7			
CV% 0.54 * significativo ** altamente significativo					

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Se aplicó la prueba de Tukey para identificar los rangos de significación estadística para la concentración de aceite esencial de hierba luisa donde los valores de densidad de la solución del recubrimiento comestible fueron menores. En la tabla 11, se puede observar que la adición de 0.1% de aceite esencial en la formulación de los recubrimientos generaba una mayor medida en la densidad con valor promedio de 1,0760 g/ml, ubicándolo en el segundo rango estadística. Los tratamientos sin aceite esencial se ubicaron en el primer rango estadístico con un valor promedio de densidad de 1,0677 g/ml.

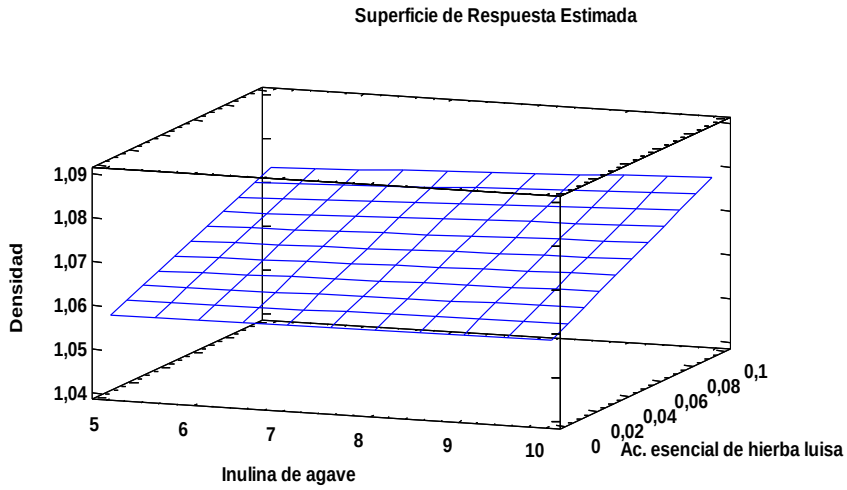
Tabla 11. *Prueba de Tukey para Densidad por Ac. esencial de hierba luisa*

Ac. esencial de hierba luisa	***Casos***	***Media LS***	***Grupos Homogéneos***
0	4	1,0677	X
0,1	4	1,0760	X

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En el gráfico 1, se muestra la superficie de respuesta estimada para la densidad, donde se puede observar que a menor concentración de aceite esencial se obtiene valores menores de densidad independientemente de la concentración de inulina añadida.

Gráfico 1. *Superficie de respuesta estimada para la Densidad*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

La densidad de la solución del recubrimiento va a depender de sus componentes, y en este caso de manera significativa depende la concentración de aceite esencial de hierba luisa. Los valores de densidad reportados por (Andrade et al., 2014) en su investigación sobre la elaboración de recubrimientos comestibles para la conservación de tomate de árbol fue de 0,952 g/ml, mientras que (Sánchez Aldana et al., 2015) en su caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón indica que obtuvo una densidad de 1,23 g/ml . Los valores de densidad obtenidos en la presente investigación se relacionan con los valores de las investigaciones citadas.

4.1.1.2 Viscosidad

El análisis de varianza para la viscosidad se muestra en la tabla 12, donde se puede observar que la concentración de inulina y la concentración de aceite esencial de hierba luisa influye significativamente en la viscosidad de la solución formadora del recubrimiento, así como también su interacción.

Tabla 12. *Análisis de varianza para la Viscosidad*

Fuente	***SC***	***Gl***	***CM***	***Razón-F***	***Valor-P***
A: Inulina de agave	2,18791E7	1	2,18791E7	4802,09	0,0000**
B: Ac. esencial de hierba luisa	1,88621E7	1	1,88621E7	4139,90	0,0000**
AB	3,3722E6	1	3,3722E6	740,14	0,0001**
bloques	6612,5	1	6612,5	1,45	0,3147
Error total	13668,5	3	4556,17		
Total (corr.)	4,41337E7	7			
CV% 0.44 * significativo ** altamente significativo					

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Para los factores que mostraron significancia se aplicó la prueba de Tukey con el fin de establecer las diferencias entre tratamientos para los valores de viscosidad de la solución del recubrimiento comestible. En la tabla 13, se muestran los diferentes rangos estadísticos para el Factor A (inulina de agave), Factor B (aceite esencial de hierba luisa) y para la interacción de los factores AxB.

Tabla 13. *Pruebas de Tukey para la Viscosidad*

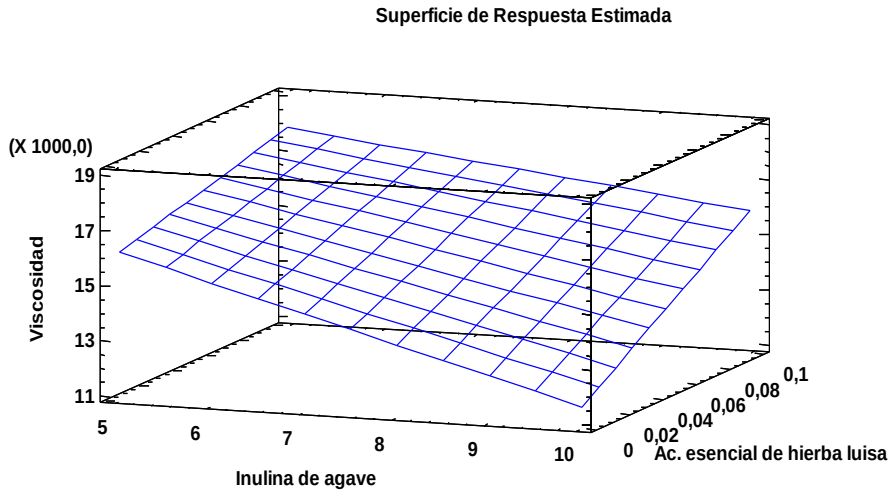
Inulina de agave		***Casos***	***Media LS***	***Grupos Homogéneos***
10		4	13742,3	X
5		4	17049,8	X
Ac. Esencial de hierba luisa		***Casos***	***Media LS***	***Grupos Homogéneos***
0		4	13860,5	X
0,1		4	16931,5	X
Inulina de agave	***Ac. Esencial de hierba luisa***	***Casos***	***Media LS***	***Grupos Homogéneos***
10	0	2	11557,50	X
10	0,1	2	15927,00	X
5	0	2	16163,50	X
5	0,1	2	17936,00	X

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En el primer grupo homogéneo se sitúa a las formulaciones con una concentración del 10% de inulina de agave con un valor promedio de viscosidad de 13742,3 cP. Para el caso de aceite esencial de hierba luisa los mejores promedios se alcanzan en las formulaciones que tiene una concentración del 0%, y lo ubica en el primer rango estadístico con un valor de 13860,5 cP. Los menores valores de viscosidad se producen en aquellas formulaciones que presentan un 10% de inulina de agave y 0% de aceite esencial con un valor promedio de 11557,50 cP que lo ubica en el primer grupo homogéneo.

En el gráfico 2, se puede observar la superficie de respuesta para la viscosidad en donde se aprecia que a mayores concentraciones de inulina y bajas concentraciones del aceite esencial de hierba luisa se logra valores más bajos para la viscosidad.

Gráfico 2. *Superficie de respuesta estimada para la Viscosidad*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

La viscosidad es un parámetro importante dentro de las características de la solución formadora del recubrimiento comestible, ya que de esta depende la resistencia que va a tener el fluido al momento de incorporase e impregnarse en la fruta. A una mayor viscosidad existe mayor dificultad para eliminar el exceso de solución del recubrimiento. El menor valor de viscosidad (11557,50 cP) se alcanza con el 10% de inulina y sin la adición del aceite esencial de hierba luisa, sin embargo los valores de viscosidad obtenidos en investigaciones similares son mucho más bajos como en el caso de la investigación de (López et al., 2016) que obtuvo una viscosidad de 624,1 cP en recubrimientos a base de proteína de lactosuero y cera de abeja para la conservación de uchuva, de igual forma (Andrade et al., 2014) reportó una viscosidad de 952,9 cP en la formulación de recubrimientos para la conservación de tomate de árbol.

4.1.1.3 Grosor

La tabla 14 muestra el análisis de varianza para el grosor del recubrimiento comestible formado, donde se puede evidenciar que el Factor B (aceite esencial de hierba luisa) presenta diferencia estadística en los tratamientos, mientras que la incorporación de inulina no influye significativamente sobre el grosor del recubrimiento comestible, así como tampoco la interacción entre ambos factores.

Tabla 14. *Análisis de varianza para la Viscosidad*

Fuente	*SC*	*Gl*	*CM*	*Razón-F*	*Valor-P*
A: Inulina de agave	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B: Ac. esencial de hierba luisa	0,0006125	1	0,0006125	147,00	0,0012*
AB	0,0000125	1	0,0000125	3,00	0,1817
bloques	0,0000125	1	0,0000125	3,00	0,1817
Error total	0,0000125	3	0,00000416667		
Total (corr.)	0,00065	7			
CV% 9,09 * significativo ** altamente significativo					

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Se aplicó una prueba de rangos múltiples para el Factor B (aceite esencial de hierba luisa) para determinar los tratamientos que presentan mejores valores de grosor en recubrimiento comestible formado. En la tabla 15 se muestra los rangos estadísticos para el aceite esencial, donde se puede observar que al añadir el aceite en la formulación del recubrimiento se logra un mayor grosor del mismo. Con concentraciones de 0.1% de aceite esencial los recubrimientos comestibles alcanzan un grosor promedio de 0.03625 mm, ubicándolo en el primer grupo homogéneo.

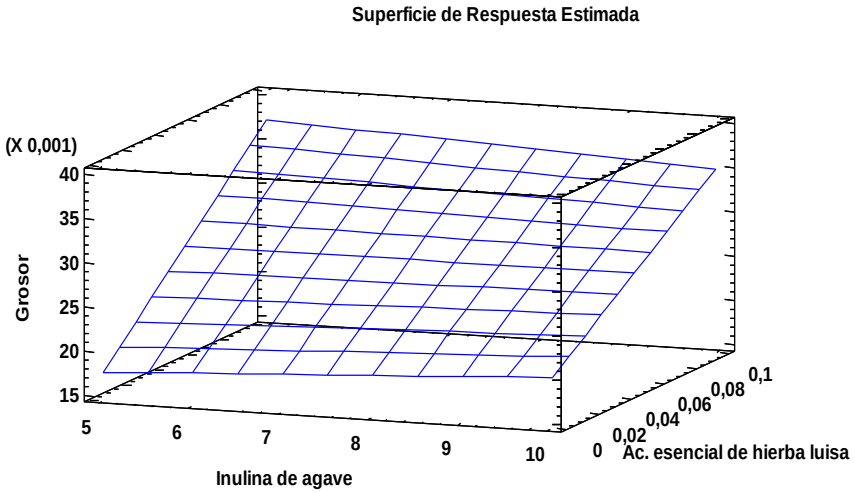
Tabla 15. *Prueba de Tukey para Grosor por Ac. esencial de hierba luisa*

Ac. esencial de hierba luisa	*Casos*	*Media LS*	*Grupos Homogéneos*
0,1	4	0,03625	X
0	4	0,01875	X

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En el gráfico 3 se muestra la superficie de respuesta para el grosor del recubrimiento comestible en el que se observa que a una mayor concentración de aceite esencial de hierba luisa se alcanza mediciones más altas de grosor y que la concentración de inulina tiene una leve influencia sobre este.

Gráfico 3. *Superficie de respuesta estimada para el Grosor*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Los valores de grosor se encontraron en un rango de 0,01 – 0,04 mm, el valor más alto se alcanza a una concentración de 5% de inulina de agave y 0,1% de aceite esencial de hierba luisa. Estos valores son semejantes a los presentados por (Zamudio et al., 2016) en su investigación sobre caracterización de películas comestibles a base de cera de candelilla, en donde menciona que no existe datos de valores de grosor apropiados, sin embargo, también menciona que la película comestible debe formar una capa fina y delgada sobre el alimento para otorgar una protección adecuada. A su vez (Zavala et al., 2017) menciona que aquellas películas que presentan un mayor grosor, requiere aplicar una fuerza mayor para su rompimiento, y por ende otorga también mejores características de flexibilidad.

4.1.1.4 Características físicas, químicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles formulados

En la tabla 16, se muestra la caracterización de las cuatro formulaciones de los recubrimientos comestibles. Se puede observar que en todos los tratamientos el valor de pH es similar y casi neutro, los sólidos solubles muestran diferencia entre las formulaciones que tienen una mayor concentración de inulina de agave, en cuanto a la densidad, viscosidad y grosor se analizaron en el apartado anterior y los valores promedios se muestran en la tabla.

Tabla 16. *Características físicas, químicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles formulados*

Formulación	***pH***	***S.S.*** ***º Brix***	***Densidad*** ***g/ml***	***Viscosidad*** ***cP***	***Grosor*** ***mm***
RC1	6,5	14	1,057	16164	0.018
RC2	6,8	19	1.058	11558	0.020
RC3	6,6	14	1.074	17936	0.038
RC4	6,3	19	1.078	15927	0.035
RC1: 5% inulina de agave – 0% aceite esencial de hierba luisa RC2: 10% inulina de agave – 0% aceite esencial de hierba luisa RC3: 5% inulina de agave – 0,1% aceite esencial de hierba luisa RC4: 10% inulina de agave – 0,1% aceite esencial de hierba luisa					

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Se debe indicar que de acuerdo a los parámetros analizados la formulación que mejores características físicas presenta es la que contiene un 10% de inulina de agave y 0,1% de aceite esencial de hierba luisa, ya que presentó los mejores valores para viscosidad (15927 cP) y grosor (0,035mm), mientras que para la densidad a pesar de ser el valor más alto entre las formulaciones se mantiene dentro de lo citado por otros autores.

4.1.2 Evaluación de la conservación de la frutilla con recubrimiento comestible

4.1.2.1 Caracterización de las frutillas

Las frutillas seleccionas fueron evaluadas en función de su masa, calibre, pH, sólidos solubles. Se registró el promedio de 20 frutillas para los parámetros mencionados. Los datos se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. *Características de las frutillas*

Largo (mm)	***Ancho (mm)***	***Masa (g)***	***pH***	***S. S. (ºBrix)***
42,02 ± 2,08	29,92 ± 1,77	16,24 ± 1.97	3,38	8,1

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

4.1.2.2 Porcentaje de pérdida de peso

El análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso de las frutillas durante el periodo de almacenamiento se muestra en la tabla 18, donde se puede evidenciar existe diferencia significativa para la formulación del recubrimiento comestible, las condiciones de almacenamiento y los días de almacenamiento.

Tabla 18. *Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso*

Fuente	***SC***	***Gl***	***CM***	***Razón-F***	***Valor-P***
EFECTOS PRINCIPALES					
A:BLOQUE	0,325125	1	0,325125	0,80	0,3899
B: Formulación RC	15,3311	4	3,83277	9,38	0,0011*
C: Cond. Almacenamiento	29,7436	1	29,7436	72,80	0,0000**
D: Días almacenamiento	52,0331	3	17,3444	42,45	0,0000**
INTERACCIONES					
BC	2,65758	4	0,664396	1,63	0,2312
BD	12,0387	12	1,00323	2,46	0,0668
CD	3,36146	3	1,12049	2,74	0,0894
BCD	12,4505	12	1,03755	2,54	0,0601
RESIDUOS	4,90303	12	0,408586		
TOTAL (CORREGIDO)	148,82	79			
CV% 14,32 * significativo ** altamente significativo					

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Se realizó la prueba LSD (mínimas diferencias significativas) al 95% de nivel de confianza para determinar rangos múltiples, los valores reportados se muestran en la tabla 19, donde se observa que para las formulaciones del recubrimiento comestible el mejor valor para la variación de porcentaje de pérdida de peso registrado por día se obtiene para el RC2 (10% de inulina de agave y 0% aceite esencial de hierba luisa) con un valor promedio de 1,74%, lo que lo ubica en

el rango estadístico A, mientras que las frutillas almacenada a refrigeración presentaron menores promedios en la variación del porcentaje de pérdida de peso. Los tratamientos almacenados en refrigeración alcanzaron un promedio de 1,64% en el rango estadístico A. Para los días de almacenamiento se registra que al día 7 la menor variación de porcentaje de pérdida de peso con un valor de 1,48 % para el rango estadístico A.

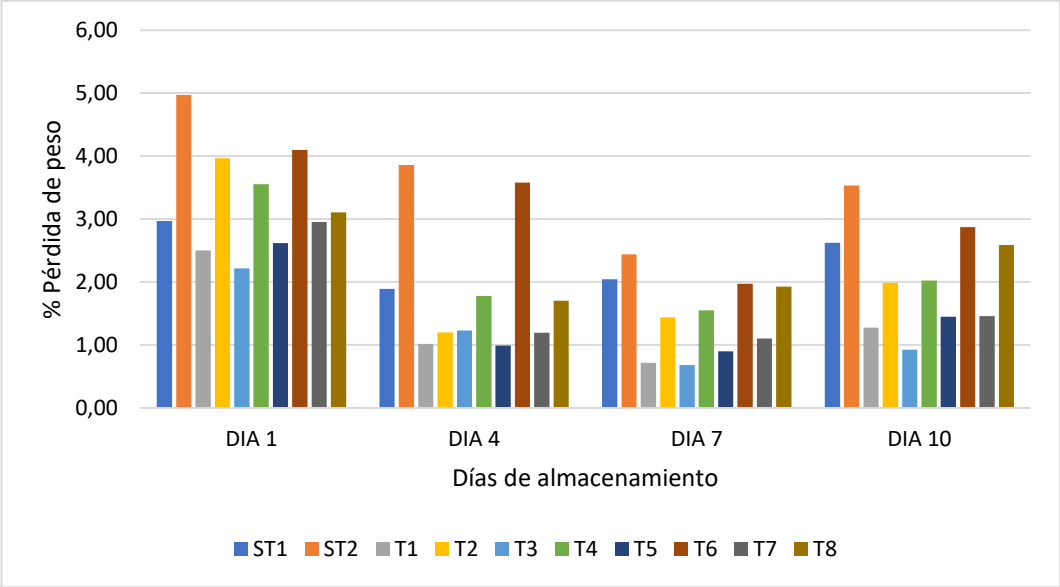
Tabla 19. *Prueba de rangos múltiples LSD*

Formulaciones RC			***Condiciones de almacenamiento***			***Días de almacenamiento***		
Nivel	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***
ST	3,04	C	Refrigeración	1,64	A	Día 1	3,59	C
RC1	2,14	AB	Ambiente	2,86	B	Día 4	1,84	AB
RC2	1,74	A				Día 7	1,48	A
RC3	2,31	B				Día 10	2,07	B
RC4	2,00	AB						

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En el gráfico 4, se puede observar la variación de los porcentajes de pérdida de peso de cada uno de los tratamientos en estudio durante el período de almacenamiento.

Gráfico 4. *Comportamiento de la variación de pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de frutillas.*

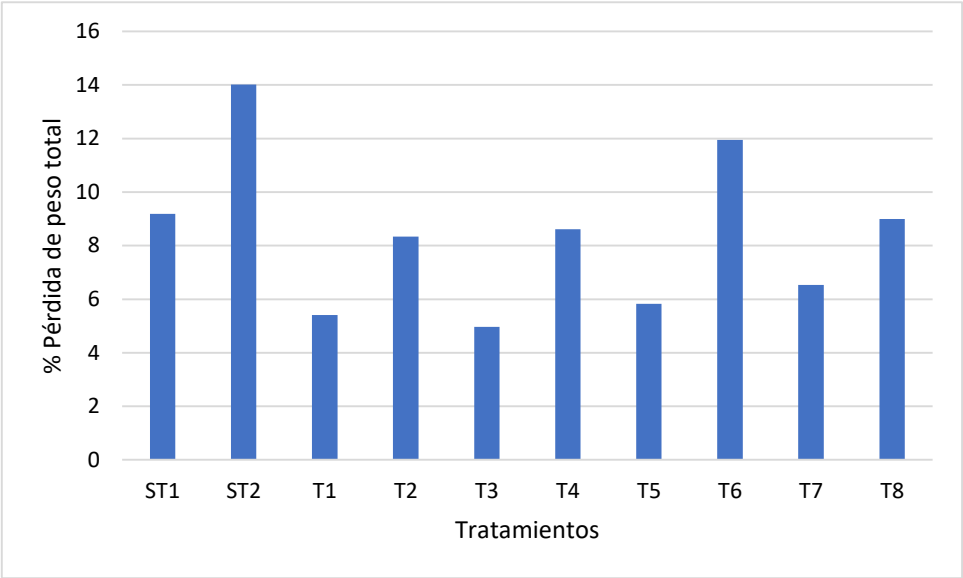


Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

El tratamiento ST2 (sin recubrimiento comestible a condiciones ambientales) muestra los mayores porcentajes de pérdida de peso durante el almacenamiento, de igual forma se puede observar que los tratamientos almacenados a condiciones ambientales (T2, T4, T6 y T8) muestras mayores porcentajes en comparación a los almacenados en refrigeración (ST1, T1, T3, T5 y T7). El tratamiento T3 (10% de inulina de agave, 0% aceite esencial de hierba luisa, refrigeración) muestra mejor comportamiento en cuanto a las variaciones del porcentaje de pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento. El tratamiento T3 presenta un promedio de 2,22% en el primer día y 0,93% en el día 10. Estudios similares como el de Restrepo y Aristizabal (2010) menciona que el recubrimiento de nopal y cera de carnaúba aplicada a fresas mostró variación en el porcentaje de pérdida de peso con respecto al testigo, debido a que el recubrimiento genera una barrera frente a la difusión de vapor de agua. (J. Restrepo & Aristizábal, 2010).

En el gráfico 5 se muestra los porcentajes totales de pérdida de peso, considerando los pesos al inicio y al final del periodo de almacenamiento de las frutillas en cada uno de los tratamientos.

Gráfico 5. *Porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Los tratamientos con recubrimiento comestible muestran menores porcentajes de pérdida de peso, frente a los tratamientos sin recubrimiento (ST1 y ST2). El tratamiento T3 (10% de inulina de agave, 0% aceite esencial de hierba luisa, refrigeración) presentó el menor porcentaje de pérdida de peso durante los 10 días de almacenamiento con un valor de 4,96%, que con respecto al testigo en refrigeración redujo el porcentaje de pérdida de peso en un 53,97%. En investigaciones similares se logró una reducción de pérdida de peso entre 36,20% y 41,50% en la investigación realizada por (López et al., 2016) en la aplicación de recubrimiento comestibles en uchuva. Se puede mencionar que las formulaciones de recubrimiento comestible a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa y las condiciones de almacenamiento de las frutillas influyen en el porcentaje de pérdida de peso, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

4.1.2.3 Sólidos solubles.

En la tabla 20, se muestra el análisis de varianza para los sólidos solubles registrados para cada uno de los tratamientos en la conservación de las frutillas. Las formulaciones del recubrimiento comestibles, las condiciones de almacenamiento y los días de almacenamiento muestra diferencia significativa en sus valores.

Tabla 20. *Análisis de varianza para los sólidos solubles*

Fuente	*SC*	*Gl*	*CM*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: BLOQUE	0,0845	1	0,0845	0,84	0,3777
B: Formulación RC	15,0655	4	3,76637	37,40	0,0000**
C: Cond. Almacenamiento	0,8405	1	0,8405	8,35	0,0136*
D: Días almacenamiento	71,6855	3	23,8952	237,27	0,0000**
INTERACCIONES					
BC	5,142	4	1,2855	12,76	0,0003*
BD	5,7045	12	0,475375	4,72	0,0059*
CD	0,7895	3	0,263167	2,61	0,0994
BCD	3,138	12	0,2615	2,60	0,0559
RESIDUOS	1,2085	12	0,100708		
TOTAL (CORREGIDO)	111,155	79			
CV% 4,86	* significativo		** altamente significativo		

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Se realizó una prueba de rango múltiple LSD con un nivel de confianza del 95%, los resultados se muestran en la tabla 21. En relación a los sólidos solubles se observa que las formulaciones del recubrimiento comestible RC1 (5% inulina de agave, 0% de aceite esencial de hierba luisa) y RC3 (5% inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa) alcanzan los valores más bajos 9,33 y 9,11 respectivamente lo que los ubica en el rango estadístico A. En cuanto a las condiciones de almacenamiento, los tratamientos almacenados a refrigeración obtuvieron valores bajos de sólidos solubles con promedio de 9,52 ºBrix. Durante el periodo de almacenamiento se puede observar que la concentración de sólidos solubles es menor para el día 1, esto debido a que los sólidos solubles incrementan en función del tiempo de almacenamiento.

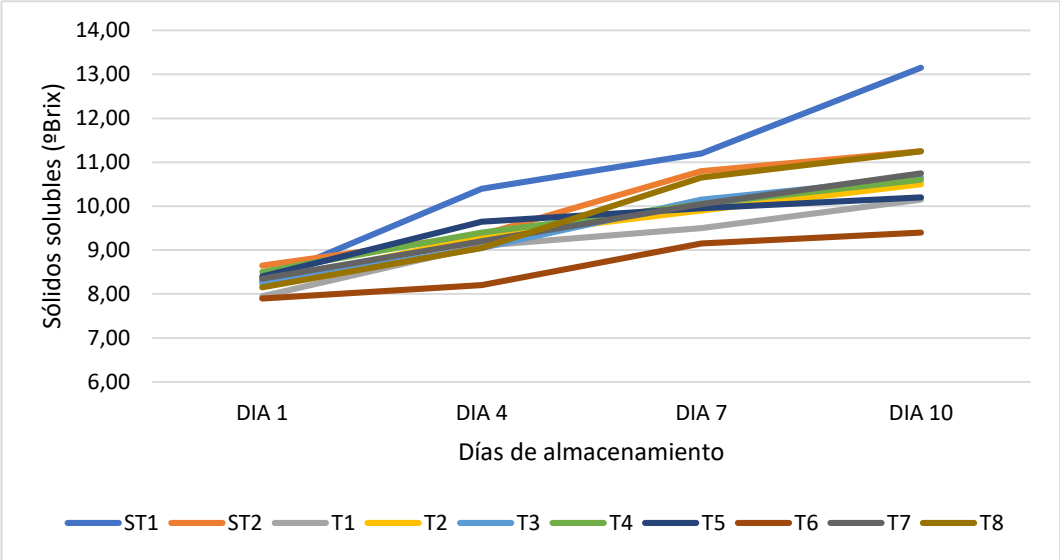
Tabla 21. *Prueba de rangos múltiples LSD*

Formulaciones RC			***Condiciones de almacenamiento***			***Días de almacenamiento***		
Nivel	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***
ST	10,39	C	Refrigeración	9,52	A	Día 1	8,27	A
RC1	9,33	A	Ambiente	9,72	B	Día 4	9,27	B
RC2	9,58	B				Día 7	10,14	C
RC3	9,11	A				Día 10	10,79	D
RC4	9,68	B						

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Las variaciones de la concentración de sólidos solubles expresados en ºBrix se puede observar en el gráfico 6. Para todos los tratamientos existe un incremento en la concentración de sólidos solubles durante el periodo de almacenamiento, siendo el ST1 (sin recubrimiento a condiciones ambientales) el que presenta un mayor valor (13,15 ºBrix). El tratamiento T1, T5 y T6 muestran valores más bajos de sólidos solubles. En el día 10 de almacenamiento el tratamiento T6 (10% de inulina de agave, 0% de aceite esencial de hierba luisa, ambiente) mostró menor concentración de sólidos solubles con un valor de 9,40 ºBrix, le sigue el tratamiento T1 (5% inulina de agave, 0% de aceite esencial de hierba luisa, refrigeración) y T5 (5% inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa, refrigeración) con valores de 10,15 y 10,20 ºBrix, respectivamente. En la investigación de (Barrazueta-Rojas et al., 2018) se menciona que los valores aceptables en cuanto a los sólidos solubles está entre los 7 y 9 ºBrix. Los valores reportados en este estudio resultaron mayores para los mejores tratamientos, este valor pudo resultar elevado por la composición del recubrimiento comestible, ya que la inulina es un tipo de azúcar y va a ocasionar un incremento adicional en los sólidos solubles de la frutilla, sin embargo, se observa que los tratamientos sin recubrimiento experimentaron mayores variaciones. Para el caso de los sólidos solubles las formulaciones de recubrimiento comestibles a base de inulina y aceite esencial de hierba luisa influyen en la conservación de la frutilla por tanto se acepta la hipótesis alternativa.

Gráfico 6. *Comportamiento de la concentración de sólidos solubles durante el periodo de almacenamiento de frutillas*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

4.1.2.4 pH

La variación de pH durante el periodo de almacenamiento de frutillas con los diferentes tratamientos se observa en la tabla 22. La formulación del recubrimiento comestible y los días de almacenamiento muestran diferencia significativa, mientras las condiciones de almacenamiento no muestran diferencia significativa entre los tratamientos para los valores de pH.

Tabla 22. *Análisis de varianza para el pH*

Fuente	***SC***	***Gl***	***CM***	***Razón-F***	***Valor-P***
EFECTOS PRINCIPALES					
A: BLOQUE	0,0762613	1	0,0762613	2,83	0,1181
B: Formulación RC	0,784243	4	0,196061	7,29	0,0032*
C: Cond. Almacenamiento	0,107311	1	0,107311	3,99	0,0690
D: Días almacenamiento	4,22373	3	1,40791	52,32	0,0000**
INTERACCIONES					
BC	0,410258	4	0,102564	3,81	0,0318*
BD	0,364348	12	0,0303623	1,13	0,4189
CD	0,417274	3	0,139091	5,17	0,0160*
BCD	0,235833	12	0,0196527	0,73	0,7026
RESIDUOS	0,322913	12	0,0269094		
TOTAL (CORREGIDO)	8,02975	79			
CV% 5,96	* significativo		** altamente significativo		

Se aplicó una prueba de rango múltiple LSD al 95% de nivel de confianza para los factores que presentan diferencia significativa. Los resultados se presentan en la tabla 23.

Tabla 23. *Prueba de rangos múltiples LSD*

Formulaciones RC			***Condiciones de almacenamiento***			***Días de almacenamiento***		
Nivel	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***
ST	3,14	AB	Refrigeración	3,01	A	Día 1	3,38	A
RC1	2,89	C	Ambiente	3,09	A	Día 4	3,14	B
RC2	3,03	B				Día 7	2,92	C
RC3	3,18	A				Día 10	2,77	D
RC4	3,02	BC						

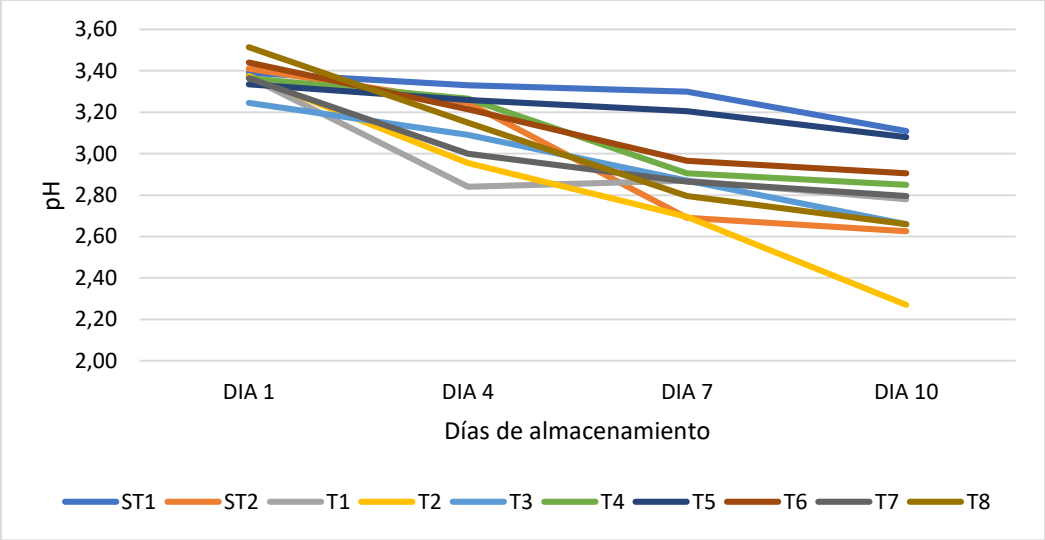
Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En relación a las formulaciones del recubrimiento comestible el RC3 (5% de inulina de agave, 0,1% aceite esencial de hierba luisa) muestra el mejor promedio en cuanto al valor de pH (3,18), lo que lo ubica en el grupo homogéneo A. No existe diferencia significativa para las condiciones de almacenamiento por lo que los valores de pH en este factor se ubican en el mismo grupo homogéneo. Para los días de almacenamiento el día 1 reporta los mejores promedios de pH por tanto se ubica en el rango estadístico A con un valor promedio de 3,38, en el día 10 se puede evidenciar que existe una disminución de los valores de pH alcanzando un promedio de 2,77.

En el gráfico 7, se puede observar los valores de pH de cada uno de los tratamientos durante el periodo de almacenamiento, donde se evidencia que los tratamientos ST1 (Sin recubrimiento) y T5 (5% de inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa, refrigeración) mantienen estables lo valores de pH durante el almacenamiento, para el resto de tratamiento se puede observar que existió un ligero descenso en los valores de pH. En la investigación de (Trejo-Márquez et al., 2007) manifiesta que no existe diferencia significativa para los valores de pH entre

las fresas con recubrimiento y los controles durante el periodo de almacenamiento. En otra investigación se reporta valores de pH comprendido entre 3,20 y 3,28 para frutillas fortificadas con vitamina E, en donde tampoco se evidenció diferencia significativa en los valores de pH durante el tiempo de almacenamiento. (A. M. Restrepo et al., 2009). Por lo expuesto se puede decir que las formulaciones a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa no influye en la conservación de las frutillas a distintas condiciones de almacenamiento se rechaza la hipótesis alternativa.

Gráfico 7. *Comportamiento del pH durante el periodo de almacenamiento de frutillas*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

4.1.2.5 Producción de etileno

En la tabla 24 se presenta el análisis de varianza para la producción de etileno en los tratamientos aplicados en la conservación de frutilla durante su periodo de almacenamiento. Se puede observar que existe diferencia significativa para las formulaciones del recubrimiento comestible y los días de almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento no tuvieron efecto sobre la producción de etileno. Se realiza una prueba de rangos múltiples para los factores que muestras diferencia significativa.

Tabla 24. *Análisis de varianza para la producción de etileno*

Fuente	*SC*	*Gl*	*CM*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: BLOQUE	0,0245	1	0,0245	1,02	0,3333
B: Formulación RC	3,26075	4	0,815188	33,82	0,0000**
C: Cond. Almacenamiento	0,018	1	0,018	0,75	0,4044
D: Días almacenamiento	1079,05	3	359,685	14922,09	0,0000**
INTERACCIONES					
BC	3,53325	4	0,883312	36,65	0,0000**
BD	4,45525	12	0,371271	15,40	0,0000**
CD	1,01	3	0,336667	13,97	0,0003*
BCD	9,34875	12	0,779062	32,32	0,0000**
RESIDUOS	0,28925	12	0,0241042		
TOTAL (CORREGIDO)	1102,72	79			
CV% 6,19 * significativo ** altamente significativo					

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En la tabla 25 se observa los resultados de la prueba de rango múltiple LSD con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 25. *Prueba de rangos múltiples LSD*

Formulaciones RC			***Condiciones de almacenamiento***			***Días de almacenamiento***		
Nivel	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***
ST	3,94	D	Refrigeración	3,63	A	Día 1	2,3	C
RC1	3,63	B	Ambiente	3,66	A	Día 4	9,88	D
RC2	3,51	B				Día 7	2,03	B
RC3	3,37	A				Día 10	0,38	A
RC4	3,79	C						

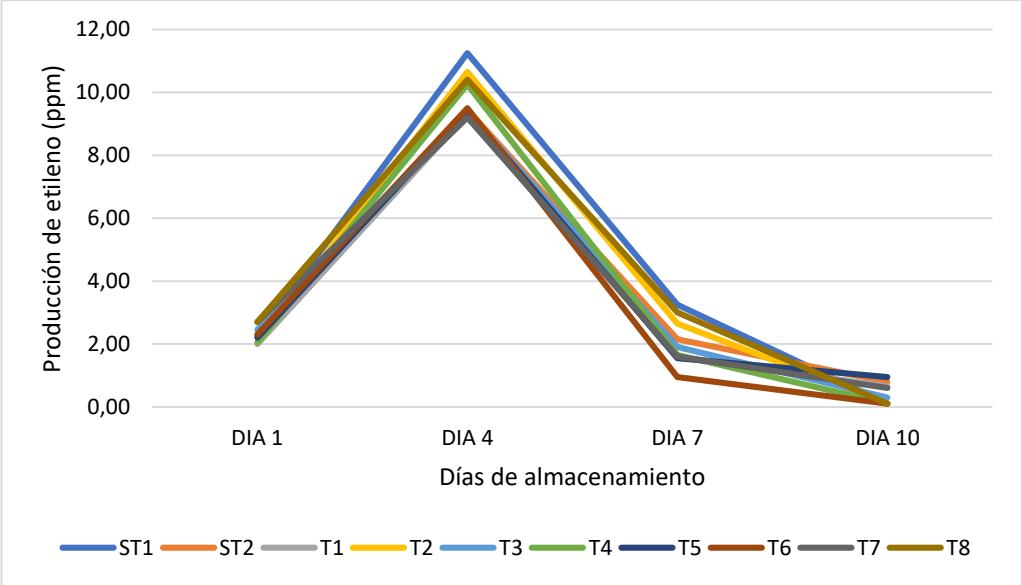
Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Las formulaciones del recubrimiento comestible se ubican en diferentes rangos estadísticos de acuerdo a la producción de etileno. El promedio más bajo lo tiene el RC3 (5% de inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa) con un valor de 3,37 ppm de Etileno. Las condiciones de almacenamiento se ubican en el mismo rango ya que no se evidencia diferencia significativa. En cuanto a los días

de almacenamiento los valores de producción de etileno los ubican en diferentes grupos homogéneos, debido a que las frutillas continuaron con su proceso de maduración, a pesar de que el etileno no estimula los procesos de maduración de la frutilla después de cosechada (Becerra et al., 2008), se pudó observar variaciones de la concentración de etileno, en el día 4 de almacenamiento se alcanzó los valores más altos con un valor promedio de 9,88 ppm.

En el gráfico 8 se establece el comportamiento de la producción de etileno durante el periodo de almacenamiento de la frutilla en cada uno de los tratamientos de estudio y alcanza el máximo de pico de producción al día 4, siendo las frutillas sin tratamiento las que alcanzaron los mayores valores.

Gráfico 8. *Comportamiento de la producción de etileno durante el periodo de almacenamiento de frutillas*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

4.1.2.6 Índice de afectación por hongos

En la tabla 26 se presenta el análisis de varianza para el índice de afectación por hongos en las frutillas con sin tratamiento, durante su periodo de almacenamiento. Se puede observar que existe diferencia significativa para las

formulaciones del recubrimiento comestible, los tipos de almacenamiento y los días de almacenamiento.

Tabla 26. *Análisis de varianza para el porcentaje de afectación por hongos*

Fuente	*SC*	*Gl*	*CM*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Formulaciones RC	3984,8	4	996,2	161,98	0,0000**
B: Cond almacenamiento	4898,45	1	4898,45	796,50	0,0000**
C: Dias almacenamiento	11000,9	3	3666,98	596,26	0,0000**
INTERACCIONES					
AB	2782,8	4	695,7	113,12	0,0000**
AC	3124,8	12	260,4	42,34	0,0000**
BC	4797,75	3	1599,25	260,04	0,0000**
ABC	2122,0	12	176,833	28,75	0,0000**
RESIDUOS	246,0	40	6,15		
TOTAL (CORREGIDO)	32957,6	79			
CV%: 17,54	* significativo		** altamente significativo		

Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

En la tabla 27 se observa los resultados de la prueba LSD al 95% de confianza de nivel de confianza para los factores que mostraron significancia, con el fin de establecer los diferentes rangos estadísticos en los que se sitúan cada uno de los tratamientos

Tabla 27. *Prueba de rangos múltiples LSD*

Formulaciones RC			***Condiciones de almacenamiento***			***Días de almacenamiento***		
Nivel	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***	***Nivel***	***Media***	***GH***
ST	24,38	D	Refrigeración	3,00	A	Día 1	0,00	A
RC1	7,63	B	Ambiente	18,65	B	Día 4	2,3	B
RC2	9,88	C				Día 7	11,2	C
RC3	3,88	A				Día 10	29,8	D
RC4	8,38	BC						

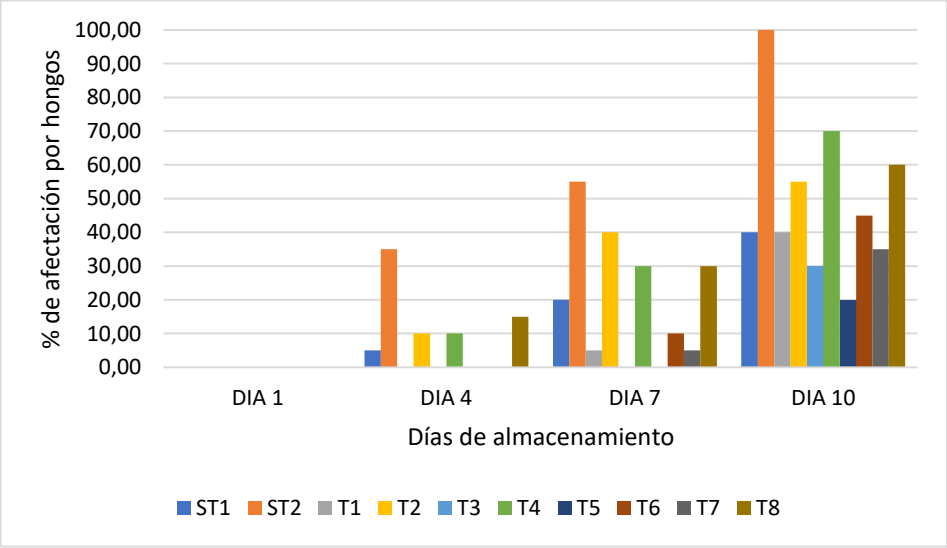
Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Las formulaciones del recubrimiento comestible se ubican en diferentes rangos estadísticos de acuerdo al índice de afectación por hongos. El promedio más

bajo lo tiene el RC3 (5% de inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa), lo que lo ubica en el grupo homogéneo A, con un índice de afectación promedio de 3,88%. Las condiciones de almacenamiento muestran que las frutillas almacenadas en refrigeración alcanzaron valor del 3% para el índice de afectación por hongos en las frutillas ubicándolo en el rango estadístico A. En cuanto a los días de almacenamiento los valores del índice de afección por hongos los ubican en diferentes grupos, debido a que la formación de hongos aumenta conforme aumenta los días de almacenamiento reportándose mayor índice de afectación para los tratamientos en el día 10.

La variación del índice de afectación por hongos en cada uno de los tratamientos del recubrimiento aplicado a las frutillas se muestra en el gráfico 9. Se pudo evidenciar que en los tratamientos almacenados en refrigeración presentaron menores índices de afectación por hongos, mientras que los almacenados a condiciones ambientales tuvieron una mayor afectación de hongos.

Gráfico 9. *Comportamiento de la afectación por hongos de durante el periodo de almacenamiento de frutillas*



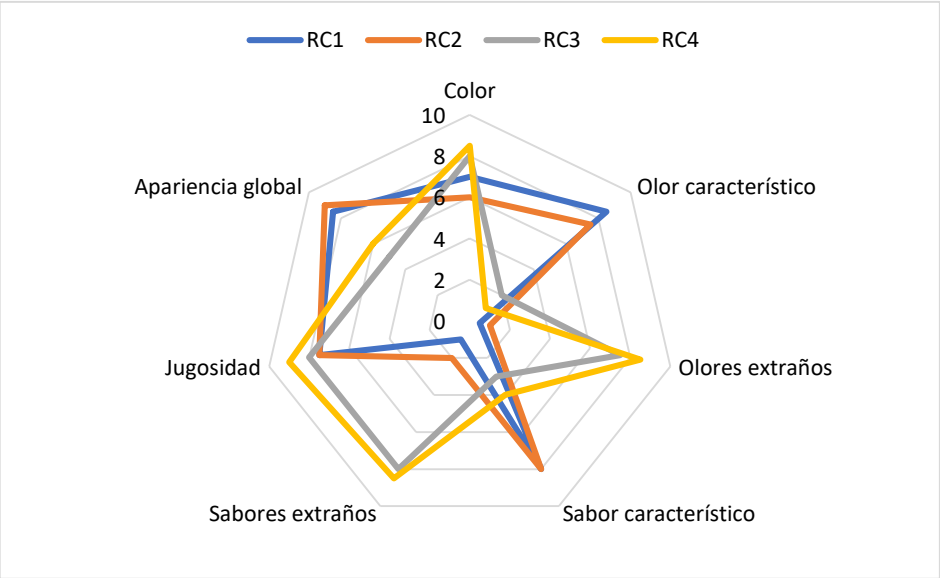
Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

El tratamiento sin recubrimiento a condiciones ambientales presentó un índice del 35% al día 4 de almacenamiento, hasta llegar al día 10 con un 100% de afectación. Los tratamientos T3 (10% de inulina de agave, 0% de aceite esencial, refrigeración) y T5 (5% de inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa, refrigeración) muestran los mejores índices durante el almacenamiento, puesto que no muestran presencia de hongos hasta el día 7. En el día 10 el tratamiento T3 muestra un índice del 30% de afectación, mientras que el T5 un índice de afectación por hongos del 20%. En la investigación de (Almenar, 2005) sobre envasado activo de fresa evalúa el grado de pudrición e indica que las fresas almacenadas a temperatura ambientales alcanzaron valores de hasta el 70% en pocos días, mientras que las almacenada en refrigeración alcanzaron un grado de pudrición entre el 50 – 60% al final del almacenamiento. En la investigación sobre el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en fresas en refrigeración (Trejo-Márquez et al., 2007), se evalúa el índice de decaimiento de frutillas afectadas por hongos en donde indica que las frutillas sin recubrimiento presentaron ataque fúngico a partir del día 5 con índice equivalente al 16%, alcanzando un 25% al final del periodo de almacenamiento, mientras que las frutillas con recubrimiento no presentaron ataque fúngico. En referencia al índice de afectación por hongos se puede decir que la aplicación del recubrimiento comestible y las condiciones de almacenamiento si influyen en la conservación de la frutilla por tanto se acepta la hipótesis alternativa.

4.1.2.7 Perfil sensorial

El perfil sensorial se realizó con el fin de evaluar efecto de los recubrimientos comestibles en las características sensoriales de la frutilla, mediante una escala descriptiva donde se determinó los puntajes midiendo a distancia al punto marcado desde el extremo izquierdo. Los resultados obtenidos para los atributos de color, olor, sabor, jugosidad y apariencia global de las frutillas con recubrimiento se muestran en el gráfico 10.

Gráfico 10. *Perfil sensorial para frutillas con recubrimiento comestible*



Elaborado por: *Autor Arias G. (2022)*

Color. En este atributo se consideró la intensidad de la coloración roja (entre rojo opaco y rojo intenso), de las frutillas con recubrimiento comestible en sus diferentes formulaciones. Las frutillas con RC3 (5% de inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa) y RC4 (10% de inulina de agave, 0,1% de aceite esencial de hierba luisa) reportaron mejores valores en la escala descriptiva que fueron de 8 y 8,5 respectivamente, lo que indica la presencia del aceite esencial en el recubrimiento comestible le otorgó un mayor brillo e intensidad a la frutilla, mientras que los tratamientos sin aceite esencial reportaron valores menores, pero no indican una baja calidad en cuanto al color del fruto.

Olor. Este atributo se dividió en dos parámetros: olor característico para evaluar el aroma típico de la frutilla, y olores extraños para evaluar si la presencia de aceite esencial en el recubrimiento comestible influye en el olor de las frutillas, con los calificativos de ausencia, muy ligero, ligero, moderado, marcado y muy marcado.

En cuanto al olor característico se determina que las frutillas con recubrimientos sin aceite esencial con distintas concentraciones de inulina al 5 y 10%, RC1 y RC2, respectivamente obtienen ponderaciones entre 7,5 y 8,5 lo que indica que el recubrimiento influyó levemente sobre el aroma típico de la frutilla.

Con respecto a los olores extraños las frutillas con los recubrimientos comestibles con aceite esencial de hierba luisa RC3 y RC4, se pudo percibir una mayor presencia de olores extraños que se relacionan directamente con el olor a hierba luisa, que a pesar de no ser desagradable opaca el olor característico de la fruta. Estos tratamientos obtuvieron una ponderación entre 7,5 y 8,5 que se encuentra entro los calificativos de moderado y marcado.

Sabor. Al igual que en el olor en este atributo también se calificó el sabor característico y los sabores extraños relacionado directamente con la presencia del aceite esencial en la formulación de los recubrimientos.

Para el sabor característico, se relaciona directamente con el dulzor de la fruta sin la presencia de sabores extraños, el gráfico muestra que las frutillas con recubrimientos sin aceite esencial de hierba luisa RC1 y RC2 alcanzan el valor de 8, que se acerca al sabor típico de la frutilla.

En el caso de la percepción de sabores extraños los tratamientos con aceite esencial de hierba luisa muestran las ponderaciones más altas, 8 para las frutillas con RC3 y 8,5 para las frutillas con RC4, ya que las frutillas con estos recubrimientos presentaron sabores levemente amargos.

Jugosidad. Se evaluó la jugosidad como un parámetro de textura, tomando en cuenta la jugosidad típica de una frutilla. Para este atributo los valores alcanzados fueron similares para las frutillas con RC1 y RC2 con una ponderación de 7,5, mientras las frutillas con RC3 y RC4 alcanzaron valores de 8 y 9 respectivamente, lo que indica que la jugosidad de la frutilla se conservó mejor en aquellos tratamientos con aceite esencial de hierba luisa, pero de manera general todos los tratamientos tuvieron una medida aceptable para la jugosidad del fruto.

Apariencia global. La apariencia global analiza todos los atributos evaluados y la calidad general del fruto. Los calificativos para este atributo se establecieron en pésimo, aceptable y excelente. Las frutillas con RC1 y RC2 alcanzaron valores entre 8,5 y 9 que se sitúan entre los calificativos aceptable y excelente, mientras que las frutillas con RC3 y RC4 obtuvieron ponderaciones de 5 y 6 respectivamente que corresponde al calificativo de aceptable.

4.2 Evaluación del experto

Latacunga, 03 de junio de 2022

Yo, **Ana Maricela Trávez Castellano**, con cédula de ciudadanía 050227093-7 en calidad de experto evaluador certifico que el proyecto de titulación con el Tema: **"Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave *(Agave americana)* y aceite esencial de hierba luisa *(Cymbopogon citratus)* para la conservación de la frutilla *(Fragaria anannasa duch)*."** de la Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, estudiante del Programa de **Maestría en Agroindustrias: Mención Tecnología en Alimentos**, paralelo "Único", Corte 2020, de la Universidad Técnica de Cotopaxi **cumple** con los parámetros requeridos tanto bibliográfico como experimental, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

Para cuyo efecto conozco y acepto las disposiciones establecidas en las reglamentaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cordialmente,



Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.
CI: 050227093-7
Correo: ana.travez@utc.edu.ec
Celular: 0987204886

4.3 Evaluación del usuario

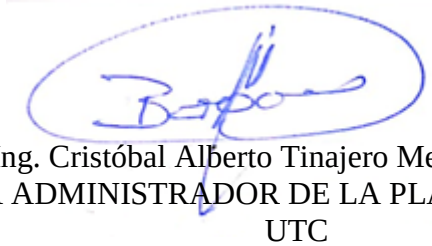
AVAL DEL USUARIO

Yo**, Cristóbal Alberto Tinajero Merizalde** en calidad de **Proyectista y Administrador de la planta agroindustrial (LABORATORIOS DE CARNICOS, LACTEOS Y FRUTAS)** en la Universidad Técnica de Cotopaxi experiencia que he adquirido durante **once años como Administrador y Proyectista,** certifico que el proyecto de titulación con el tema: **"OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DE LA GUAYUSA (*Iles guayusa loes.*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE"** del Ing. Darwin Vicente Granja Guerrero, estudiante del programa de Maestría en Agroindustria: Mención Tecnología en alimentos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cumple con los parámetros científicos abordados en la investigación los mismos que muestran interés y será beneficioso tanto para la industria alimentaria como para el público en general, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

Para cuyo efecto reconozco y acepto las disposiciones establecidas en las reglamentaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 14 junio 2022

Atentamente,



Ing. Cristóbal Alberto Tinajero Merizalde MSc.
PROYECTISTA ADMINISTRADOR DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL
UTC
C.I. 050156747-3

4.4 Evaluación de impactos

4.4.1 Técnicos

El uso de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa en la formulación de un recubrimiento comestible es una alternativa innovadora para la conservación no solo de la frutilla, sino que puede ser aplicada en cualquier otra fruta como también en alimentos que por su propia naturaleza requiere de ciertos recubrimientos como es el caso de los quesos, carnes y demás productos.

4.4.2 Sociales

La aplicación de recubrimientos comestibles como es el caso del formulado a partir de la inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa, permitirá la disminución de las pérdidas poscosecha en frutas y hortalizas generando un impacto positivo sobre la economía de los sectores productivos.

4.4.3 Ambientales

El objetivo de la incorporación de recubrimientos comestibles es la disminución de residuos que generan impactos ambientales al generar olores y presencia de plagas, al disminuir estor residuos, también se reduce la contaminación. En el proceso de elaboración de los recubrimientos no se utiliza componentes que ocasionen algún tipo de impacto negativo al ambiente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se estableció un diseño factorial A x B para determinar las concentraciones de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa, se estableció concentraciones de inulina de agave entre el 5 y 10%, aceite esencial de hierba luisa entre el 0 y 0,1%, además se utilizó glicerol como plastificante al 10%, carboximetilcelulosa al 1% y el restante de la formulación se completó con agua destilada.
- La solución formadora del recubrimiento se caracterizó en función de su densidad y viscosidad, de acuerdo a estos parámetros la formulación que mejores características físicas presentó es la que contiene un 5% de inulina de agave y 0,1% de aceite esencial de hierba luisa, los valores reportados fueron viscosidad 15927 cP, densidad 1,078 g/ml.
- Se obtuvieron valores de grosor comprendidos entre 0,01 y 0,04 mm, los mayores valores se obtuvieron con la adición de 0,1% de aceite esencial de hierba luisa y a una concentración de 5% de inulina de agave, mayor grosor se relacionó con mejores propiedades mecánicas para el recubrimiento comestible.
- Las distintas formulaciones del recubrimiento comestible a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa aplicadas en frutillas almacenadas a condiciones ambientales y de refrigeración, influyeron en los parámetros de calidad de la fruta. El mejor tratamiento fue considerado el T5 que corresponde al 5% de inulina de agave, 0,1 % de aceite esencial de hierba luisa, ya que a condiciones de refrigeración disminuyó el porcentaje de pérdida de peso en un 53,97%, presentó una mínima variación en la concentración de sólidos solubles con un valor de 10,20 ºBrix al final del periodo de almacenamiento; y reportó un índice de afectación por hongos del 20% durante los 10 días de almacenamiento comparados con el testigo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda complementar la presente investigación con un análisis sensorial más detallado a fin de determinar el grado de aceptabilidad de las frutillas con recubrimiento comestible a base de inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa.
- Para la aplicación por parte de los productores o comercializadores de frutilla se recomienda realizar un estudio de viabilidad técnica y financiera.
- Se recomienda ampliar la investigación de este recubrimiento comestible para la conservación de otro tipo de alimentos.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

Alcántara, M. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. In *Programa de doctorado conjunto de las Universidades Politécnica de Valencia (España) y Guanajuato (México)*. https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6473/tesisUPV3131.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Almenar, E. (2005). *Envasado activo de fresas silvestres* [Universitat de Valencia]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Andrade, J. C., Acosta, D. L., Bucheli, M. A., & Osorio, O. (2014). Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol (Cyphomandra betacea S.). *Informacion Tecnologica*, *25*(6), 57–66. https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600008

Antiasarán Anchía I, M. H. J. (2000). *Alimentos Composición y Propiedades* (Segunda ed). McGraw-Hill - Interamericana.

Barrazueta-Rojas, S. G., Falconí, J. F., Ojeda, M. N. N., Oleas-López, J. M., & Mendoza-Zurita, G. X. (2018). Pysicochemical properties and application of edible coatings in strawberry Fragaria × ananassa) preservation. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*, *71*(3), 8631–8641. https://doi.org/10.15446/rfnam.v71n3.73548

Becerra, C., Robledo, P., & Defilippi, B. (2008). Cosecha Y Poscosecha De Frutilla. In *Manual de frutilla. Capítulo 9* (pp. 1–10).

Bouaziz, M. A., Rassaoui, R., & Besbes, S. (2014). Chemical composition, functional properties, and effect of inulin from tunisian Agave americana L. Leaves on textural qualities of pectin gel. *Journal of Chemistry*, *2014*. https://doi.org/10.1155/2014/758697

Caminiti, A. (2015). *Cultivo de frutillas en la provincia de Neuquén*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2815

D'Armas Regnault, H., Montesino, K., Jaramillo Jaramillo, C., & León, R. (2017).

Composición química de los aceites esenciales de las hojas de ocho plantas medicinales cultivadas en Ecuador. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *22*(2), 1–15.

Escobar-Ledesma, F. R., Sánchez-Moreno, V. E., Vera, E., Ciobotă, V., Jentzsch, P. V., & Jaramillo, L. I. (2020). Extraction of Inulin from Andean Plants: An Approach to Non-Traditional Crops of Ecuador. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *25*(21), 10–13. https://doi.org/10.3390/molecules25215067

Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., Sala, A., & Silvera, C. (2011). Elaboración, caracterización y comparación de películas comestibles en base a aislado de proteínas de suero lácteo (WPI). *Innotec*, *3*(3), 57–62. https://doi.org/10.26461/03.10

Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Férnadez 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), 52–56.

Giménez, G., Paullier, J., & Maeso, D. (2013). Identificación y manejo de las principales enfermedades y plagas en el cultivo de frutilla. In *Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA.* (Issue 82). http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos compartidos/111219240807161309.pdf

Guerrero Ramírez, E. (2017). *CALIDAD Y VIDA POSTCOSECHA DEL FRUTO DE VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (Fragaria x ananassa Duch.)* [Colegio de Postgraduados. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas]. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1

Gupta, N., Jangid, A. K., Pooja, D., & Kulhari, H. (2019). Inulin: A novel and stretchy polysaccharide tool for biomedical and nutritional applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, *132*, 852–863. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.188

Liria, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. In *Instituto*

de Investigación Nutricional–IIN Consultora-AgroSalud. www.iin.sld.pe

López, D. F. E., Ruano, L. Y. C., Andrade, J. C., & Mora, O. O. (2016). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (Physalis peruviana L.). *Acta Agronomica*, *65*(4), 326–333. https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50191

Mederos-Torres, Y., Bernabé-Galloway, P., & Ramírez-Arrebato, M. Á. (2020). Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Cultivos Tropicales*, *41*(3), 9.

Merchán Gaitán, J. B., Ferrucho, R. L., & Álvarez Herrera, J. G. (2014). Efecto de dos cepas de Trichoderma en el control de Botrytis cinerea y la calidad del fruto en fresa (Fragaria sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *8*(1), 44–56. https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2799

Montañez, J., Venegas, J., Vivar, M., & Ramos, E. (2011). LOS FRUCTANOS CONTENIDOS EN LA CABEZA Y EN LAS HOJAS DEL Agave tequilana Weber AZUL. *Bioagro*, *23*(3), 199–206.

Pino, J., Fon-Fay, F., Pérez, J., Falco, A., Rodríguez, J., Hernández, I., Rodeiro, I., & Fernández, M. (2018). Composición química y actividades biológicas del aceite esencial de hojas de hierba luisa (Cympopogon citratus [D.C.] Stapf.) cultivado en el Ecuador amazónico Chemical composition and biological activities of essential oil from lemongrass (Cympopogon cit. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, *49*, 1–11.

Quintero, C., Falguera, V., & Muñoz, H. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Tumbaga*, *1*(5), 93–118.

Ramos-García, M., Bautista-Ba?os, S., Barrera-Necha, L., Bosquez-Molina, E., Alia-Tejacal, I., & Estrada-Carrillo, M. (2010). Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, *28*(1), 44–57.

Restrepo, A. M., Cortés, M., & Rojano, B. (2009). Determinación de la vida útil de la fresa (fragaria ananassa duch.) Fortificada con vitamina e vida útil de la fresa (fragaria ananassa duch.) Fortificada con vitamina e misael cortés. *Año*, *76*, 163–175. https://www.redalyc.org/pdf/496/49611945018.pdf

Restrepo, J., & Aristizábal, I. (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*, 252–263.

Sánchez Aldana, D., Contreras-Esquivel, J. C., Nevárez-Moorillón, G. V., & Aguilar, C. N. (2015). Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *CYTA - Journal of Food*, *13*(1), 17–25. https://doi.org/10.1080/19476337.2014.904929

Santos-Zea, L., Leal-Diaz, A., Cortes-Ceballos, E., & Gutierrez- Uribe, J. (2012). Agave (Agave spp.) and its Traditional Products as a Source of Bioactive Compounds. *Current Bioactive Compounds*, *8*(3), 218–231. https://doi.org/10.2174/157340712802762410

Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *21*, 30. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153

Trejo-Márquez, M. A., Ramos-López, K., & Pérez, C. (2007). *COMESTIBLE A BASE DE GELATINA SOBRE LA CALIDAD DE FRESA (Fragaria vesca L .) ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN . EFFECT OF THE APPLICATION OF GELATIN EDIBLE COATING ON THE QUALITY OF STRAWBERRY (Fragaria vesca L .) STORED AT LOW TEMPERATURE . 2007*(January 2007), 230–239.

Vazquez-Briones, M. D. C., Hernandez, L. R., & Guerrero-Beltran, J. A. (2015). Physicochemical and Antioxidant Properties of Cymbopogon citratus Essential Oil. *Journal of Food Research*, *4*(3), 36. https://doi.org/10.5539/jfr.v4n3p36

Vázquez-Briones, M., & Guerrero-Beltrán, J. (2017). Effect of essential oil of Cymbopogon citratus in the physicochemical properties of quitosan films. *Scientia Agropecuaria*, *8*(4), 401–409. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.11

Vazquez Briones M.C., & Guerrero Beltrán J.A. (2013). Recubrimiento de frutas

con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5–14. http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Vazquez-Briones-et-al-2013.pdf

Zamudio, E. O.-, Aguilar, C. N., Salcedo, G. O.-, Pérez, M. V. A.-, & Violante, H. G. M.-. (2016). Caracterización Fisicoquímica De Películas Comestibles a Base De Cera De Candelilla. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *17*(1), 1–7. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81346341001

Zavala, M., Castañeda, J., Rivera, M., & Norma, D. la F. (2017). Evaluación De Propiedades Mecánicas Y Permeabilidad Al Vapor De Agua De Películas De Quitosano. *Jóvenes En La Ciencia, Revista de Divulgación Científica*, *3*(1), 27–31. https://www.researchgate.net/publication/324475378_EVALUACION_DE_PROPIEDADES_MECANICAS_Y_PERMEABILIDAD_AL_VAPOR_DE_AGUA_DE_PELICULAS_DE_QUITOSANO

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Recepción de la materia prima



Anexo 2. Limpieza



Anexo 3. Desinfección



Anexo 4. Caracterización física de las frutillas



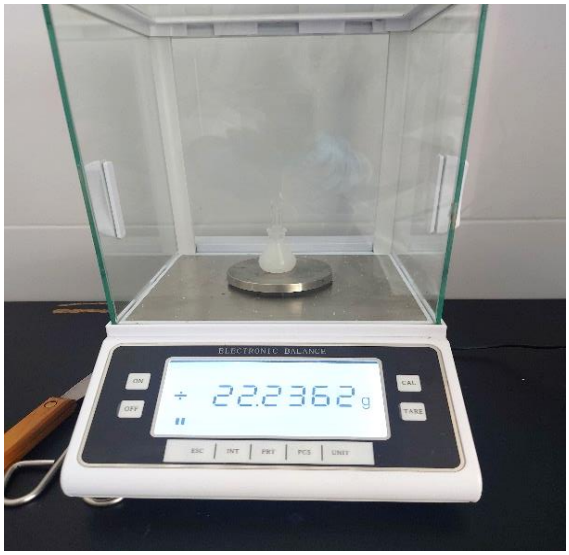
Anexo 5. Caracterización química



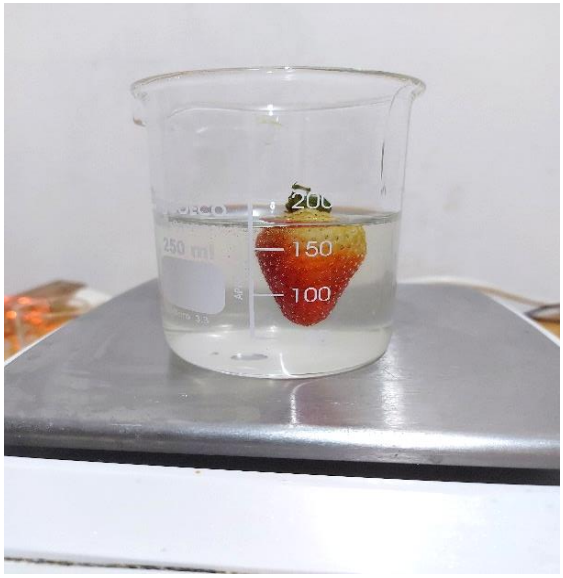
Anexo 6. Preparación del recubrimiento comestible



Anexo 7. Determinación de la densidad del recubrimiento comestible



Anexo 8. Aplicación del recubrimiento comestible



Anexo 9. Determinación de sólidos solubles y pH



Anexo 10. Medición de la producción de etileno



Anexo 11. Afectación por hongos



Anexo 12. Registro de porcentaje de pérdida de peso de frutillas durante el almacenamiento.

Porcentaje de pérdida de peso en frutillas (%)												
	DIA 1			DIA 4			DIA 7			DIA 10		
	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM
ST1	2,96	2,98	2,97	1,83	1,95	1,89	2,05	2,03	2,04	2,72	2,52	2,62
ST2	4,97	4,97	4,97	4,48	3,24	3,86	2,17	2,71	2,44	3,38	3,68	3,53
T1	2,61	2,39	2,50	0,84	1,19	1,02	0,59	0,84	0,72	1,03	1,52	1,28
T2	3,91	4,02	3,97	1,17	1,23	1,20	1,36	1,51	1,44	1,96	2,01	1,99
T2	2,2	2,23	2,22	1,63	0,83	1,23	0,65	0,71	0,68	0,91	0,94	0,93
T4	3,64	3,46	3,55	1,88	1,68	1,78	1,65	1,45	1,55	2,07	1,97	2,02
T5	2,64	2,59	2,62	1,01	0,97	0,99	0,92	0,88	0,90	1,4	1,49	1,45
T6	4,03	4,16	4,10	3,54	3,62	3,58	1,92	2,02	1,97	2,77	2,97	2,87
T7	2,41	3,49	2,95	0,77	1,62	1,20	0,7	1,5	1,10	1,14	1,77	1,46
T8	3,39	2,82	3,11	1,88	1,52	1,70	2,22	1,63	1,93	2,99	2,18	2,59

Anexo 13. Registro de valore de pH de frutillas durante el almacenamiento.

pH en frutillas												
	DIA 1			DIA 4			DIA 7			DIA 10		
	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM
ST1	3,37	3,41	3,39	3,28	3,38	3,33	3,26	3,34	3,30	2,92	3,3	3,11
ST2	3,45	3,37	3,41	3,28	3,21	3,25	2,71	2,67	2,69	2,64	2,61	2,63
T1	3,05	3,69	3,37	2,96	2,72	2,84	2,78	2,96	2,87	2,54	3,02	2,78
T2	3,6	3,15	3,38	3,05	2,86	2,96	2,72	2,67	2,70	2,02	2,52	2,27
T2	3,3	3,19	3,25	3,08	3,1	3,09	2,71	3,03	2,87	2,5	2,82	2,66
T4	3,3	3,43	3,37	3,33	3,2	3,27	2,96	2,85	2,91	2,89	2,81	2,85
T5	3,32	3,35	3,34	3,26	3,26	3,26	3,17	3,24	3,21	3,26	2,9	3,08
T6	3,53	3,35	3,44	3,25	3,18	3,22	3	2,93	2,97	2,96	2,85	2,91
T7	3,41	3,32	3,37	2,92	3,08	3,00	2,92	2,81	2,87	2,88	2,71	2,80
T8	3,28	3,75	3,52	2,73	3,57	3,15	2,64	2,95	2,80	2,59	2,73	2,66

Anexo 14. Registro de valores de sólidos solubles de frutillas durante el almacenamiento.

Sólidos solubles en frutillas (ºBrix)												
	DIA 1			DIA 4			DIA 7			DIA 10		
	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM
ST1	8,8	7,8	8,30	10,7	10,1	10,40	11,5	10,9	11,20	13,5	12,8	13,15
ST2	8,8	8,5	8,65	9,5	9,2	9,35	10,7	10,9	10,80	11,4	11,1	11,25
T1	7,8	8,1	7,95	9,5	8,7	9,10	9,6	9,4	9,50	9,7	10,6	10,15
T2	8,5	8	8,25	9	9,6	9,30	9,6	10,2	9,90	10,4	10,6	10,50
T2	8,1	8,4	8,25	9,2	8,9	9,05	10,7	9,6	10,15	11,5	9,8	10,65
T4	8,4	8,6	8,50	9,3	9,5	9,40	9,9	10,2	10,05	10,5	10,7	10,60
T5	8	8,8	8,40	9,3	10	9,65	9,6	10,3	9,95	9,8	10,6	10,20
T6	7,8	8	7,90	8	8,4	8,20	8,9	9,4	9,15	9,2	9,6	9,40
T7	8,9	7,8	8,35	9,6	8,8	9,20	10,5	9,6	10,05	11,4	10,1	10,75
T8	8,2	8,1	8,15	8,8	9,3	9,05	10,4	10,9	10,65	11	11,5	11,25

Anexo 15. Registro de valores de producción de etileno en frutillas durante el almacenamiento.

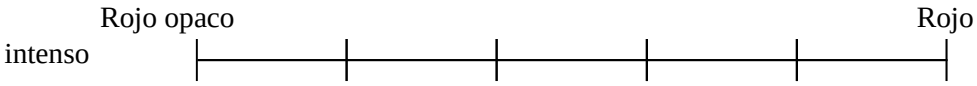
Producción de etileno en frutillas (ppm)												
	DIA 1			DIA 4			DIA 7			DIA 10		
	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM	R1	R2	PROM
ST1	2,2	2,3	2,25	11,1	11,4	11,25	3	3,5	3,25	0,1	0,1	0,10
ST2	2,3	2,3	2,30	9,4	9,5	9,45	2,2	2,1	2,15	0,9	0,7	0,80
T1	1,9	2,1	2,00	9,2	9,4	9,30	1,9	1,3	1,60	0,4	0,9	0,65
T2	2	2,1	2,05	10,7	10,6	10,65	2,8	2,5	2,65	0,1	0,1	0,10
T2	2,8	2,1	2,45	9,5	9,3	9,40	2	1,8	1,90	0,2	0,4	0,30
T4	2,1	2	2,05	10,4	10,1	10,25	1,5	1,8	1,65	0,1	0,1	0,10
T5	2,1	2,3	2,20	9,1	9,7	9,40	1,5	1,6	1,55	1	0,9	0,95
T6	2,3	2,3	2,30	9,4	9,6	9,50	1	0,9	0,95	0,1	0,1	0,10
T7	2,8	2,6	2,70	9,1	9,3	9,20	1,8	1,4	1,60	0,5	0,7	0,60
T8	2,8	2,6	2,70	10,8	10	10,40	3,4	2,6	3,00	0,1	0,1	0,10

Anexo 16. Registro de porcentaje de afectación por hongos en frutillas durante el almacenamiento.

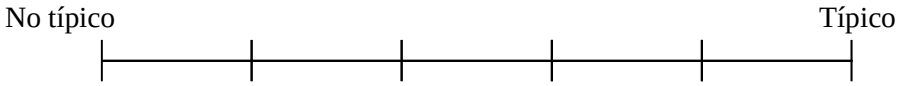
DIA 1				DIA 4				DIA 7				DIA 10			
R1	IA	R2	IA	R1	IA	R2	IA	R1	IA	R2	IA	R1	IA	R2	IA
0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	2,00	2	4,00	2	4,00	4	16,00	4	16,00
0	0,00	0	0,00	3	12,00	4	16,00	7	56,00	8	64,00	10	100,00	10	100,00
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	4,00	0	0,00	2	4,00	3	12,00
0	0,00	0	0,00	1	2,00	1	2,00	4	16,00	4	16,00	6	36,00	5	30,00
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	4,00	3	12,00
0	0,00	0	0,00	1	4,00	1	2,00	3	12,00	3	12,00	7	56,00	7	56,00
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	2,00	2	4,00	2	4,00
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	2,00	2	4,00	4	16,00	5	30,00
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	2,00	1	2,00	3	12,00	4	16,00
0	0,00	0	0,00	1	2,00	2	4,00	3	12,00	3	12,00	6	36,00	6	36,00

Anexo 17. Ficha de perfil sensorial

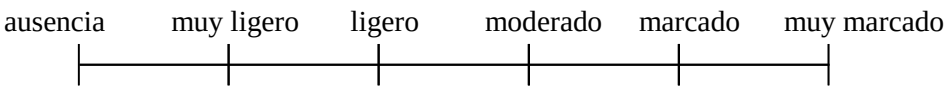
Color



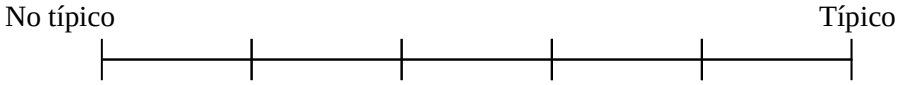
Olor característico



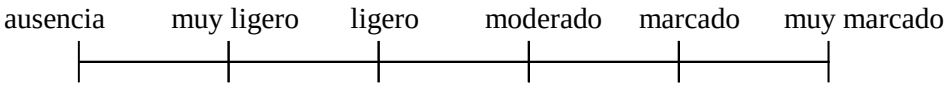
Olores extraños



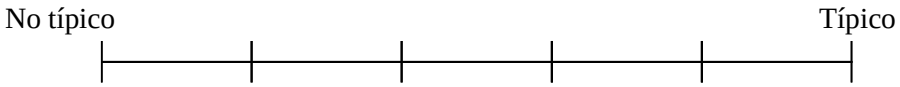
Sabor característico



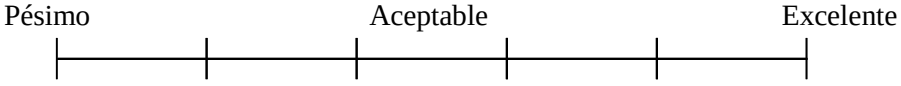
Sabores extraños



Jugosidad



Apariencia global



Anexo 18. Ficha técnica de la inulina de agave

Fibras

INULINA DE AGAVE

HOJA TÉCNICA
CÓDIGO: FIB0034
VERSIÓN: 33520

La inulina de agave es un alimento funcional natural. Se trata de un complejo de fibra dietética soluble y prebiótico natural ideal para ser utilizado como ingrediente en productos alimenticios enriquecidos con fibra. Es obtenido por un proceso físico de extracción y purificación del jugo de la planta de agave azul. Su principal aplicación es en alimentos y suplementos alimenticios.

ALÉRGENO TIPO: Ninguno.
ORIGEN: Natural
GRADO: Alimento

SOLUBILIDAD: No soluble
PORCIÓN: De acuerdo a aplicación, IDR 30g de fibra dietética/día [NOM-051-SCF1-SSA1-2010]

CARACTERÍSTICAS

SENSORIALES		MICROBIÓLOGICAS	
APARIENCIA:	Polvo Fino	HONGOS Y LEVADURAS:	Máx. 100 UFC/g
COLOR:	Blanco - Beige	E.COLI:	Negativo
SABOR:	Dulce	CUENTA MESOFÍLICOS AEROBIOS:	Máx. 2 500 UFC/g
OLOR:	Característico		

FISICOQUÍMICAS	
HUMEDAD:	Máx. 5%
CENIZAS:	Máx. 1.0 %
PH:	5 - 7
INULINA:	Mín. 85 %
FRUCTUOSA :	9 % Máx
DEXTROSA :	6 % Máx
SACAROSA :	5 % Máx

CONSIDERACIONES DE MANEJO Y MANIPULACIÓN

VIDA DE ANAQUEL TOTAL (A PARTIR DE LA FECHA DE PRODUCCIÓN)	36 Meses
PESO APROXIMADO POR PRESENTACIÓN	Saco de 25 kg

Anexo 19. Guía de evaluación por parte del experto

GUÍA PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS

Tema de Investigación: "Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (Agave americana) y aceite esencial de hierba luisa (***Cymbopogon citratus***) para la conservación de la frutilla (***Fragaria anannasa duch***)."
Nombre del Autor / Investigador: Gabriela Beatriz Arias Palma
Experto Evaluador 1: Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.
Perfil Profesional : Ingeniera en Alimentos
Área de Desempeño : Docente en la Universidad Técnica de Cotopaxi

El trabajo de investigación será evaluado bajo la escala de Likert determinando los siguientes valores

Nivel de Likert	Significado	Rango de porcentaje de satisfacción del experto
1	Totalmente en Desacuerdo	0-20
2	En desacuerdo	20-40
3	Ni en acuerdo , Ni en desacuerdo	40-60
4	De acuerdo	60-80
5	Totalmente de Acuerdo	80-100

CRITERIOS DE EVALUACIÓN		Puntuación					Observaciones
		1	2	3	4	5	
CUALIDADES DEL TEMA	Importancia del problema					x	
	Originalidad					x	
	Interés al publico					x	
	Factibilidad					x	
	Delimitación					x	
CUALIDADES TEORICAS-FUNDAMENTOS	Formulación del problema					x	
	Objetivos de la Investigación					x	
	Limitaciones del tema de investigación				x		
	Revisión literaria					x	
	Definición de términos						No aplica
	Sistema de variables						No aplica
	Sistema de Hipótesis					x	
CUALIDADES METODOLÓGICAS	Calculo de población y muestra						No aplica
	Diseño de la Observación / experimentación					x	
	Instrumentos aplicados					x	
	Aplicación de técnicas de recolección de datos					x	
	Recursos utilizados					x	
	Presentación y discusión de resultados					x	
CUALIDADES FORMALES	Lenguaje escrito					x	
	Presentación y estilo del documento					x	
	Bibliografía					x	
	Anexos					x	

Sugerencias del Experto Evaluador : Ninguna

Firma del experto Evaluador
Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.
C.C. 0502270937

Anexo 20. Certificado de Registro de Título del Experto



Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 03/07/2022

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que TRAVEZ CASTELLANO ANA MARICELA, con documento de identificación número 0502270937, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre:	TRAVEZ CASTELLANO ANA MARICELA
Número de documento de identificación:	0502270937
Nacionalidad:	Ecuador
Género:	FEMENINO

Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1010-07-743350
Institución de origen	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
Institución que reconoce	
Título	INGENIERA EN ALIMENTOS
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2007-03-09
Observaciones	

Dirección: Alpahana E7-153 entre Av. Diego de Almagro y Whymper
Código postal: 170518 / Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2 3934-300 / www.educacionsuperior.gob.ec

Gobierno del Encuentro | Juntos lo logramos

Título(s) de cuarto nivel o posgrado

Número de registro	1010-14-86050240
Institución de origen	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
Institución que reconoce	
Título	MAGISTER EN GESTION DE LA PRODUCCION AGROINDUSTRIAL
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2014-07-31
Observaciones	

OBSERVACIÓN:
- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformatoria a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

IMPORTANTE: La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:

MARIA JOSÉ RODRIGUEZ V.

María José Rodriguez Villota
Directora de Registro de Títulos
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

0502270937

GENERADO: 03/07/2022 9.58 PM

Anexo 21. Certificado de Registro de Título del Usuario



Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 03/07/2022

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que TINAJERO MERIZALDE CRISTOBAL ALBERTO, con documento de identificación número 0501567473, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre:	TINAJERO MERIZALDE CRISTOBAL ALBERTO
Número de documento de identificación:	0501567473
Nacionalidad:	Ecuador
Género:	MASCULINO

Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1020-02-180041
Institución de origen	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Institución que reconoce	
Título	INGENIERO AGROINDUSTRIAL
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2002-08-27
Observaciones	

Dirección: Apolonia E7-183 entre Av. Diego de Almagro y Whymper
Código postal: 170535 / Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2 3934-300 / www.educacionsuperior.gob.ec

Gobierno del Encuentro | Juntos lo logramos

OBSERVACIÓN:
- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformatoria a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

IMPORTANTE: La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:

MARIA JOSÉ RODRIGUEZ V.

María José Rodriguez Villota
Directora de Registro de Títulos
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

0501567473

GENERADO: 03/07/2022 9.59 PM

Anexo 22. Informe antiplagio

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Informe Investigación Arias Gabriela.docx (D140869312)
Submitted	2022-06-20 21:41:00
Submitted by	
Submitter email	pablo.herrera0259@utc.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	pablo.herrera0259.utc@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS%20ALEXIA%20BRITO.docx Document TESIS%20ALEXIA%20BRITO.docx (D137120188)	2
SA	DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE DOS TIPOS DE CERAS NATURALES (CARNAUBA Y DE ABEJA) PARA RECUBRIMIENTO DE BANANO (Musa acuminata) COMO MEDIO DE CONSERVACIÓN..docx Document DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE DOS TIPOS DE CERAS NATURALES (CARNAUBA Y DE ABEJA) PARA RECUBRIMIENTO DE BANANO (Musa acuminata) COMO MEDIO DE CONSERVACIÓN..docx (D13879834)	1
SA	TESIS RECUBIMIENTO ANTIFUNGICO.docx Document TESIS RECUBIMIENTO ANTIFUNGICO.docx (D20983161)	1
SA	VIII_CI-SECTEI2021_paper_19.pdf Document VIII_CI-SECTEI2021_paper_19.pdf (D108297534)	2
SA	PROYECTO 2021 I (2).docx Document PROYECTO 2021 I (2).docx (D101792637)	1
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D92351919)	3
SA	TEESIS.docx Document TEESIS.docx (D25259025)	1

Entire Document

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN
Título: Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (Agave americana) y aceite esencial de hierba luisa (Cymbopogon citratus) para la conservación de la frutilla (Fragaria ananassa duch).
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos
Autor Ing. Arias Palma Gabriela Beatriz Tutor Ing. Mg. Fernández Paredes Manuel Enrique
LATACUNGA –ECUADOR 2022
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN