

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



T E S I S

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FORMULACIONES DE MUCÍLAGO DE
PENCA SÁBILA (*Aloe vera*) Y CERA DE ABEJA EN LA CONSERVACIÓN
DE FRESAS (*Fragaria x ananassa*) VARIEDAD SABRINA”**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:
ALEXANDER JHONEL VARGAS CHÁVEZ**

**ASESOR:
Dr. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ.**

CAJAMARCA – PERÚ


2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Alexander Jhonel Vargas Chávez
DNI: 47086832
Escuela Profesional/Unidad UNC:
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
Facultad/Unidad UNC:
Ciencias Agrarias
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE FORMULACIONES DE MUCÍLAGO DE PENCA SÁBILA (*Aloe vera*)
Y CERA DE ABEJA EN LA CONSERVACIÓN DE FRESAS (*Fragaria x ananassa*) VARIEDAD
SABRINA**
6. Fecha de evaluación: 19/01/2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 13%
9. Código Documento: oid::3117:547452493
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 20/01/2026

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
DNI: 40043738

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los doce días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 526-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FORMULACIONES DE MUCÍLAGO DE PENCA SÁBILA (*Aloe vera*) Y CERA DE ABEJA EN LA CONSERVACIÓN DE FRESAS (*Fragaria x ananassa*) VARIEDAD SABRINA"**, realizada por el Bachiller **ALEXANDER JHONEL VARGAS CHÁVEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y doce minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y diecisiete minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucía Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
ASESOR

Dedicatoria

*La presente Tesis está dedicada a **DIOS**, por acompañarme y guiarme a lo largo de mi vida, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y mi alegría en mis momentos de éxito y porque gracias a él he logrado concluir mi carrera profesional.*

*A mis dos madres: **Julia Rosa Ramírez Tafur y Esperanza Chávez Ramírez**, por ser el cimiento de quien soy hoy, a una por darme la vida y enseñarme a luchar; a la otra por abrirme su corazón y hogar. Su amor incondicional y sacrificios han sido mi faro.*

*A mi esposa: **Danis Medali Gálvez Ruiz**, mi compañera y mi apoyo, gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por tu paciencia infinita y por ser mi fortaleza en cada momento en este camino.*

*A mis dos hijas: **Rosa Alexia Vargas Gálvez y Emilia Renata Vargas Gálvez**, los motores de mis sueños para seguir creciendo. Que esta tesis sea un ejemplo de que con esfuerzo y amor todo es posible.*

Alexander Vargas

Agradecimientos

Dios, quién me guía por el buen camino, y me da las fuerzas para seguir adelante ante los problemas que se me presentan, enseñándome a nunca perder la fe.

A **mi familia**, el pilar de mi vida:

A **mis dos madre**, por ser mi ejemplo de resiliencia y amor incondicional. A una, por darme la vida y la fortaleza para perseguir mis metas; a la otra, por recibirme con los brazos abiertos y demostrarme que el amor no conoce límites.

A **mi esposa**, mi compañera en cada paso, gracias por tu paciencia infinita, por los días de ánimo y por esos silencios que también entendían mi cansancio. Este logro es tan tuyo como mío.

A **mi hija**, la luz que iluminó incluso los momentos más desafiantes. Ojalá este esfuerzo te inspire a creer que, con dedicación, no hay sueño imposible.

A **mis queridos maestros** por su orientación y guía en estos cinco años de carrera profesional; gracias por sus relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a la **Universidad Nacional de Cajamarca**, y a todas las personas que laboran en ella, gracias por brindarme sus instalaciones para realizar la presente investigación.

Al **Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz**, asesor de tesis, por su ayuda, orientación y sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en mi formación profesional apoyando decididamente e impulsando la culminación de esta investigación, sepan que los quiero mucho y nunca los olvidaré.

Alexander Vargas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación	2
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivo general	3
1.3.1. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.5. Hipótesis de la investigación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. <i>Fresa (Fragaria x annanasa)</i>	8
2.2.1.1. Fresa variedad (Sabrina).....	9
2.2.1.2. Composición química de la fresa	9
2.2.1.3. Cosecha en fresas	11
2.2.1.4. Post cosecha en fresas	12
2.2.1.5. Parámetros de calidad en fresas	13
2.2.1.6. Conservación de fresas.....	19
2.2.2. <i>Recubrimientos comestibles</i>	19
2.2.2.1. Recubrimientos comestibles a base de carbohidratos	19
2.2.2.2. Recubrimientos comestibles a base de proteínas	20
2.2.2.3. Recubrimientos comestibles a base de lípidos.....	20
2.2.3. <i>Penca sábila (Aloe vera)</i>	22
2.2.3.1. Propiedades nutricionales de la penca sábila.....	23
2.2.3.2. Penca sábila como recubrimiento comestible.....	23
2.2.3.3. Mucílagos de penca sábila.....	24

2.2.3.4.	Usos del gel de penca sábila	24
2.2.3.5.	Beneficios del gel de penca sábila	25
2.2.4.	<i>Cera de abeja</i>	26
2.2.4.1.	Composición química de la cera de abeja.....	26
2.2.5.	<i>Temperaturas de refrigeración</i>	27
2.2.6.	<i>Vida útil en alimentos</i>	28
2.2.7.	<i>Análisis físicoquímico en alimentos</i>	29
2.2.8.	<i>Análisis microbiológico en alimentos</i>	30
2.2.8.1.	Mohos y levaduras	30
2.2.8.2.	Aerobios mesófilos	30
2.2.8.3.	Coliformes totales	30
2.3.	Definición de términos básicos	31
CAPÍTULO III		32
III. MATERIALES Y MÉTODOS		32
3.1.	Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	32
3.2.	Materia prima e insumos.....	35
3.2.1.	<i>Materiales y equipo de laboratorio</i>	35
3.3.	Métodos de análisis	37
3.4.	Metodología experimental	38
3.5.	Variables de estudio.....	39
3.5.1.	<i>Variable independiente</i>	39
3.5.2.	<i>Variable dependiente</i>	39
3.6.	Unidad de análisis, población y muestra de estudio	40
3.6.1.	<i>Unidad de análisis</i>	40
3.6.2.	<i>Población</i>	40
3.6.3.	<i>Muestra de estudio</i>	40
3.7.	Proceso de elaboración del recubrimiento de penca sábila y cera de abeja	42
3.8.	Proceso de aplicación del recubrimiento en fresa variedad (Sabrina)	49
3.9.	Factores de estudio	56

3.10.	Diseño experimental y arreglo de los tratamientos.....	56
3.11.	Modelo estadístico.....	58
3.12.	Análisis de varianza.....	59
3.13.	Matriz de tratamientos.....	60
3.14.	Trabajo de gabinete	60
CAPÍTULO IV		61
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1.	Sólidos solubles (°Brix) en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja	61
4.2.	pH en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja	64
4.3.	Acidez titulable (%) en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....	67
4.4.	Pérdida de peso (%) en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....	70
4.5.	Resultados microbiológicos en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja	73
CAPÍTULO V		74
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1.	Conclusiones	74
5.2.	Recomendaciones	74
CAPÍTULO VI		75
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
CAPÍTULO VII.....		87
VII.	ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	11
<i>Composición química de la fresa.....</i>	<i>11</i>
Tabla 2	12
<i>Medidas de calidad en fresas</i>	<i>12</i>
Tabla 3	14
<i>Recomendaciones para mantener la calidad post cosecha de la fresa</i>	<i>14</i>
Tabla 4	38
<i>Metodología experimental.....</i>	<i>38</i>
Tabla 5	52
<i>Formulaciones para elaboración de recubrimientos comestibles</i>	<i>52</i>
Tabla 6	56
<i>Factores de estudio “Fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja”</i>	<i>56</i>
Tabla 7	59
<i>Análisis de varianza para factorial de 2 factores (A y B) en un diseño completamente al azar con tres repeticiones.....</i>	<i>59</i>
Tabla 8	60
<i>Matriz de tratamientos</i>	<i>60</i>
Tabla 9	61
<i>Promedios de sólidos solubles (°Brix) en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>61</i>
Tabla 10.....	62
<i>Análisis de varianza para sólidos solubles en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>62</i>
Tabla 11.....	64
<i>Promedios de pH en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....</i>	<i>64</i>
Tabla 12.....	65
<i>Análisis de varianza para pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>65</i>

Tabla 13.....	67
<i>Promedios de acidez titulable (%) en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>67</i>
Tabla 14.....	68
<i>Análisis de varianza para acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....</i>	<i>68</i>
Tabla 15.....	70
<i>Promedios de pérdida de peso (%) en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>70</i>
Tabla 16.....	71
<i>Análisis de varianza para pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....</i>	<i>71</i>
Tabla 17.....	73
<i>Resultados microbiológicos - “T9” (75% mucílago de penca sábila y 3% cera de abeja)</i>	<i>73</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	9
<i>Fresa variedad (Sabrina)</i>	<i>9</i>
Figura 2	23
<i>Penca sábila (Áloe vera)</i>	<i>23</i>
Figura 3	26
<i>Cera de abeja</i>	<i>26</i>
Figura 4	32
<i>Mapa de ubicación – E.P. de I.I.A. (UNC) de Cajamarca</i>	<i>32</i>
Figura 5	33
<i>Mapa de ubicación de: “El Tambo” – Bambamarca, lugar de procedencia de las fresas variedad “Sabrina”</i>	<i>33</i>
Figura 6	34
<i>Mapa de ubicación del distrito de “San Juan” – Cajamarca, lugar de procedencia de la penca sábila variedad “Aloe barbadensis Miller”</i>	<i>34</i>
Figura 7	41
<i>Flujograma – Elaboración de recubrimiento comestible a base de mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>41</i>
Figura 8	42
<i>Recepción</i>	<i>42</i>
Figura 9	42
<i>Selección</i>	<i>42</i>
Figura 10	43
<i>Lavado</i>	<i>43</i>
Figura 11	43
<i>Desinfectado</i>	<i>43</i>
Figura 12	44
<i>Remojado de las pencas</i>	<i>44</i>
Figura 13	44
<i>Cortado en trozos</i>	<i>44</i>

Figura 14	45
<i>Extracción del mucílago de penca sábila.....</i>	45
Figura 15	45
<i>Licuado y tamizado</i>	45
Figura 16	46
<i>Formulación y mezclado</i>	46
Figura 17	46
<i>Calentado del recubrimiento</i>	46
Figura 18	47
<i>Recubrimiento comestible</i>	47
Figura 19	48
<i>Flujograma para fresas recubiertas de mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	48
Figura 20	49
<i>Recepción</i>	49
Figura 21	49
<i>Selección y clasificación</i>	49
Figura 22	50
<i>Pesado de materia prima</i>	50
Figura 23	50
<i>Lavado.....</i>	50
Figura 24	51
<i>Lavado y desinfectado.....</i>	51
Figura 25	51
<i>Oreado y secado</i>	51
Figura 26	53
<i>Elaboración de recubrimiento comestible.....</i>	53
Figura 27	53
<i>Immersion de los frutos de fresa.....</i>	53

Figura 28	54
<i>Ecurrido y secado de los frutos</i>	54
Figura 29	54
<i>Envasado</i>	54
Figura 30	55
<i>Almacenado</i>	55
Figura 31	57
<i>Esquema de tratamientos</i>	57
Figura 32	63
<i>Sólidos solubles en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	63
Figura 33	66
<i>pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	66
Figura 34	69
<i>Acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	69
Figura 35	72
<i>Pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	87
<i>Datos completos para sólidos solubles (°Brix) en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....</i>	<i>87</i>
ANEXO II	88
<i>Datos completos para pH en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>88</i>
ANEXO III.....	89
<i>Datos completos para acidez titulable (%) en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>89</i>
ANEXO IV.....	90
<i>Datos completos para pérdida de peso (%) en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....</i>	<i>90</i>
ANEXO V	91
<i>Análisis microbiológico de “T9” fresas con (75% mucílago de penca sábila y 3% cera de abeja)</i>	<i>91</i>
ANEXO VI.....	92
<i>Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocessadas.....</i>	<i>92</i>
ANEXO VII	93
<i>Materia prima, materiales, insumos y equipos</i>	<i>93</i>
ANEXO VIII	95
<i>Proceso de recubrimiento de fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.....</i>	<i>95</i>
ANEXO IX.....	97
<i>Análisis físicoquímicos en fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja</i>	<i>97</i>

RESUMEN

La investigación se realizó en el laboratorio de “Frutas y Hortalizas” de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de formulaciones de mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja en la conservación de fresas (*Fragaria x ananassa*) variedad “Sabrina”. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA). Se utilizó concentraciones de mucílago de penca sábila de (25%, 50% y 75%) como factor A y concentraciones de cera de abeja de (1%, 2% y 3%) como factor B, haciendo un total de 9 tratamientos con 3 repeticiones. El experimento duró 30 días. Resultados: el efecto del mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja influyen en la conservación de fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad “Sabrina” conservándolas durante 9 días en almacenamiento refrigerado (4°C). El tratamiento “T9” con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja obtuvo las mejores características físicoquímicas: sólidos solubles (6.93 °Brix), pH (3.2), acidez titulable (0.44%) y pérdida de peso del fruto (40%). El análisis microbiológico realizado a “T9” la muestra que obtuvo las mejores características físicoquímicas evidenció ausencia de *Aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*. Se concluye que el mucílago de penca de sábila y la cera de abeja fueron significativos ($p < 0.05$) para sólidos solubles (°Brix) y pH; y no fueron significativos ($p > 0.05$) para acidez titulable (%) y pérdida de peso del fruto (%).

Palabras clave: fresas, mucílago de penca sábila, cera de abeja, recubrimiento comestible, efecto, conservación, formulaciones, análisis físicoquímico, análisis microbiológico y almacenamiento refrigerado.

ABSTRACT

The research was conducted in the "Fruits and Vegetables" laboratory of the School of Food Industry Engineering at the National University of Cajamarca. The objective was to determine the effect of applying (*Aloe vera*) mucilage and beeswax formulations on the preservation of "Sabrina" variety strawberries (*Fragaria × ananassa*). A completely randomized design (DCA). Was used aloe vera mucilage concentrations of: (25%, 50%, and 75%) were used as factor A, and beeswax concentrations of: (1%, 2%, and 3%) were used as factor B, for a total of nine treatments with three replicates. The experiment lasted 30 days. Results: The effect of aloe vera mucilage and beeswax influenced the preservation of "Sabrina" strawberries (*Fragaria × ananassa*) for 9 days under refrigerated storage (4°C). Treatment "T9," with 75% aloe vera mucilage and 3% beeswax, yielded the best physicochemical characteristics: soluble solids (6.93 °Brix), pH (3.2), titratable acidity (0.44%), and fruit weight loss (40%). Microbiological analysis of "T9," the sample with the best physicochemical characteristics, showed the absence of mesophilic aerobes, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes*. It was concluded that aloe vera mucilage and beeswax were significant ($p < 0.05$) for soluble solids (°Brix) and pH; and were not significant ($p > 0.05$) for titratable acidity (%) and fruit weight loss (%).

Keywords: strawberries, aloe vera mucilage, beeswax, edible coating, effect, preservation, formulations, physicochemical analysis, microbiological analysis, and refrigerated storage.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es un fruto no climatérico, muy delicado y tiene una vida útil muy corta que resulta muy susceptible a la pérdida de humedad y al ataque por microorganismos, especialmente al hongo *Botrytis cinerea* que ocasiona grandes pérdidas durante su transporte y comercialización porque disminuye los atributos de sabor, aroma y textura, afectando su calidad comercial y su atractiva frescura para el consumidor (Ribeiro et al., 2022). Es Fuente de ácido ascórbico, fibra, minerales, flavonoides, carotenoides, es rica en antioxidantes y minerales como manganeso, magnesio y potasio, reduce el colesterol e hipertensión gracias a las antocianinas, tiene vitamina C, B2, B3 y ácido fólico (López et al., 2022).

Los recubrimientos comestibles, son capas delgadas de biopolímeros aplicadas sobre la superficie del vegetal que reducen la respiración, crecimiento microbiano disminuyendo así los desórdenes fisiológicos (López, Ruiz, Gassos, Estrada y Tavares, 2022). Pueden ser constituidos por aceites esenciales, proteínas, polisacáridos y lípidos, las cuales mejoran la calidad de los alimentos mediante la limitación de migración de humedad, grasa, oxígeno y compuestos responsables del sabor, color y aroma permitiendo así extender la vida útil y retardar el proceso de senescencia (Ramos et al., 2021).

La penca de sábila (*Aloe vera*) se utiliza como antioxidante, antiinflamatorio, estimulante de los procesos digestivos, activador del sistema inmunológico y cicatrizante. Concretamente, el gel mucilaginoso de *Aloe vera*, gracias a la actividad biológica de sus componentes, ha tenido diversas aplicaciones como ingrediente de alimentos funcionales, helados, bebidas a base de frutas, yogures, también en cosmetología y medicina, como antiviral, desinfectante, vermífugo y fungicida, entre otros (Alves et al. 2022).

La cera de abeja posee propiedades hidrofóbicas la hacen adecuada como recubrimiento comestible. Existen estudios relacionados en recubrimientos activos comestibles a base de cera de abeja que demuestran su actividad antimicrobiana contra microorganismos como: *Saccharomyces cerevisie*, *Micrococcus luteus* y *Leuconostoc mesenteroides* (López, 2022). El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la aplicación de formulaciones de mucílago de penca sábila (*Áloe vera*) y cera de abeja en la conservación de fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad Sabrina.

1.1. Problema de investigación

Entre los problemas que presenta la fresa para aumentar su consumo y exportación, se tiene: La corta vida útil del fruto, la forma de presentación del fruto, la predisposición al rajado por ser frutos jugosos con una epidermis muy delgada, la disminución de la intensidad respiratoria, pérdida de peso, variación de acidez, aumento de sólidos solubles, cambios de pH, presencia de hongos y alteraciones en sus propiedades organolépticas; lo que hace necesario establecer un tiempo límite en el cual sus propiedades físicas y nutritivas permanezcan estables o con pérdidas no significativas durante la etapa de postcosecha.

Cabe mencionar que durante el procesamiento es necesario tomar en cuenta las características físicas, químicas, nutricionales de dichos frutos, ya que uno de los objetivos fundamentales del procesamiento de alimentos es la conservación de las características naturales de las materias primas procesadas a través de la aplicación de sustancias adicionales (aditivos, antioxidantes, preservantes etc.) y metodologías que ayuden a la perpetuación de las mismas alargando la vida útil del producto procesado.

Por tal motivo, se crea la necesidad de realizar esta investigación que va encaminada a determinar si la aplicación de recubrimientos elaborados a base mucílago de penca sábila y cera de abeja los cuales se aplicarán mediante inmersión de los frutos de fresa con la finalidad de mantener las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, y así disminuir la aparición de hongos u otro microorganismo que pueda dañar esta materia prima, prolongando la vida útil de la misma; evaluando su evolución durante el almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración. Para lo cual se plantea la siguiente interrogante:

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la aplicación de formulaciones de mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja en la conservación de fresa (*Fragaria* × *ananassa*) variedad Sabrina?

1.3. Objetivo general

- Determinar el efecto de la aplicación de formulaciones de mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja en la conservación de fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad Sabrina.

1.3.1. Objetivos específicos

- Realizar un análisis fisicoquímico: sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable (%) y pérdida de peso del fruto (%) en fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad Sabrina, con formulaciones de mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja.
- Realizar un análisis microbiológico a la muestra que obtenga las mejores características físicoquímicas en fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad Sabrina, con formulaciones de mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja.

1.4. Justificación de la investigación

La fresa es un fruto no climatérico perecedero, con una epidermis delgada, frágil, susceptible al daño mecánico y afectación por hongos durante la cosecha y almacenamiento; requiere de la aplicación de métodos de conservación que permitan prolongar la vida de anaquel. Una alternativa con potencial para lograrlo es la aplicación de recubrimientos comestibles a base de penca sábila y cera de abeja en fresas y mantenerlas en refrigeración con la finalidad de extender significativamente su vida útil.

La penca sábila genera una barrera transpirable; el gel forma una película que controla la pérdida de agua y la entrada de oxígeno. La penca sábila posee propiedades antimicrobianas y antioxidantes que son compuestos que combaten hongos y bacterias, y protege la fruta del daño oxidativa, ayuda a mantener la textura crujiente y el color vibrante de la fresa. La cera de abeja genera una barrera hidrofóbica que sella la fruta, impidiendo la deshidratación y la pérdida de peso, y bloqueando la entrada de microorganismos, mejora la resistencia del recubrimiento, combinando sus propiedades con las del gel de sábila para crear un recubrimiento más completa. La combinación de estos 2 elementos crea un sistema de conservación sinérgico, donde la sábila aporta propiedades bioactivas y barrera, la cera mejora la resistencia y sellado, y la refrigeración frena los procesos biológicos, prolongando la frescura y calidad de las fresas mucho más allá de lo que lograría cada método por separado.

Aplicar temperaturas bajas como medio de almacenamiento refrigerado reduce la tasa de respiración, disminuye la actividad metabólica de la fruta, ralentizando su maduración y envejecimiento, retrasa el deterioro microbiano ya que el frío inhibe el crecimiento de moho y bacterias, que son causas comunes de pudrición, manteniendo la calidad, reteniendo la acidez y el sabor característico de la fresa por más tiempo.

La presente investigación busca proporcionar una actualización concerniente al desarrollo e implementación de recubrimientos de frutas a base de geles comestibles, como alternativa natural, y viable desde el punto de vista medio ambiental para la conservación de productos hortofrutícolas (fresas) que son de gran utilidad para el sector industrial, ya que el control de la maduración es importante para el aumento de la vida útil de las mismas tanto para el mercado interno como para las exportaciones.

1.5. Hipótesis de la investigación

La aplicación de formulaciones de mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja influyen significativamente en la conservación de fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad Sabrina.

CAPÍTULO II

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Ramírez (2022) evaluó la aplicación de un recubrimiento comestible a base de un gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe Barbadensis* Miller) sobre la mora de Castilla para aumentar la vida útil en almacenamiento a temperatura de refrigeración, obteniendo como resultado que los frutos con mucílago de penca sábila mostraron una menor pérdida de peso (33 % menos), una disminución de los sólidos totales solubles (50 % menos), el pH (50 % menos) y la acidez titulable (50 % menos), conservando mejor estas propiedades hasta el día 10.

Cano y Corales (2024) estudió el efecto de los recubrimientos comestibles a partir de gel de Aloe vera + Glicerol + CMC y el segundo recubrimiento: gel de Aloe vera + Glicerol + Leticia de soya, en fresas almacenadas y conservadas en refrigeración (5°C) durante 10 días. Utilizó un diseño multifactorial categórico de 2x4; dos niveles (2 y 5 % de glicerol) y cuatro factores (0.25 % CMC, 0.75 CMC, 1.5 % de Lecitina de Soya y 2% de lecitina de soya), donde se obtuvo un mínimo de pérdida de peso de 1.64% y acidez en un 0.06 %,

López et al. (2022) en su investigación desarrolló y optimizó un recubrimiento comestible a base de concentrado de proteínas de lacto suero y cera de abeja aplicados en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.), donde la formulación óptima fue con una concentración de 15 % de cera de abeja y 10 % de proteína de suero, en dos condiciones de almacenamiento: ambiente (17 ± 2 °C y HR: 69 %) y refrigeración (4 ± 2 °C y HR: 66 %). Los resultados para el día 15 de evaluación indicaron una disminución en el porcentaje de pérdida de peso, en almacenamiento ambiente y refrigeración (36.20 % y 41.50 % respectivamente).

Atencia (2023) evaluó tres formulaciones de penca sábila (*Aloe vera*) como recubrimiento comestible de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) conservados a temperatura ambiente (17 ± 2 °C) y en refrigeración (4 °C), evaluados luego de los 15 días), donde finalmente se obtuvo como mejor resultado al tratamiento con 30 % de Aloe vera (T2) con una pérdida de peso de 3.6 %, sólidos solubles de 13.8 °Brix, acidez 0.50 % (ácido cítrico) y un pH de 3.55.

Palomino (2022) realizó una investigación donde evaluó el gel de sábila (*Aloe vera*) como recubrimiento comestible y su aplicación en la conservación de carambola (*Averrhoa carambola* L.) entera y mínimamente procesada. Obteniendo como condiciones óptimas a 5 °C y 36.74 % de sábila en el recubrimiento, con las siguientes características índice de daños (0.57), de pérdida de peso (53.74 %), con una concentración de 4.99 °Brix, acidez 0.00159 expresado en ácido cítrico y pH 2.19.

Villegas (2022) en su trabajo de investigación aplicó un recubrimiento a base de hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abeja en mora de castilla y evaluar su efecto en la conservación de esta fruta, evaluados durante de 15 días a una temperatura de 4°C, La aplicación de un recubrimiento comestible a base de HPMC con la inclusión de cera de abeja fue un método efectivo en la conservación de las propiedades fisicoquímicas como la acidez titulable, los sólidos solubles totales, el índice de madurez, el pH y las propiedades fisiológicas como la pérdida de peso y el índice de respiración de la mora de castilla, y se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fresa (*Fragaria x annanasa*)

Las fresas son consideradas plantas rastreras, el fruto de la fresa es de forma cónica o casi redonda, de tamaño variable según la especie (de 15 a 22 mm de diámetro), coronada por sépalos verdes, de color rojo y con un sabor que varía de ácido a muy dulce. Lo que más caracteriza a esta fruta es su intenso aroma. El valor nutricional de la fresa como alimento se encuentra representado en el aporte moderado de carbohidratos. Es una buena fuente de vitamina C, contiene ácidos orgánicos como el cítrico, málico, oxálico y salicílico, es rica en minerales como potasio y magnesio, y en compuestos activos presenta pigmentos, aceite esencial, taninos y flavonoides (Restrepo 2019). La fresa es un fruto no climatérico, que a pesar de las excelentes características organolépticas es un fruto muy perecedero, debido a su alta tasa de respiración y limitada vida post cosecha, reduciéndose su vida útil para la comercialización como producto fresco (Núñez et. al. 2022).

El fruto de fresa, por sus características morfológicas, se clasifica como un fruto blando, y de todos los frutos blandos, sea posiblemente el mejor estudiado desde el punto de vista fisiológico y bioquímico (Pedraza, 2019).

El rápido deterioro comercial de la fresa viene determinado tanto por el consumo de sus propias reservas nutritivas como por la pérdida de agua por transpiración. El fruto de la fresa posee una pulpa relativamente blanda, protegida con una fina y delicada cubierta, muy susceptible a la rotura. Estas características hacen que la fresa se magulle por efecto de presiones de intensidad relativamente baja. La vida útil de la fresa puede verse mejorada por el control de procesos de deterioro o inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los patógenos que pueda contener. La temperatura es el factor medio ambiental básico para conservarla durante su almacenamiento por afectar a su tasa de respiración y/o otras reacciones biológicas (Beltrán, 2021).

2.2.1.1. *Fresa variedad (Sabrina)*

Sabrina es una variedad de fresa de media estación rústica y de muy alta productividad. Su curva de producción es continua hasta final de ciclo. Su fruto es cónico, de color rojo brillante y calibre medio-grande hasta final de cosecha. La pulpa es consistente, colorea bien y es muy valorada por la industria de procesado (Morales, 2022).

Figura 1

Fresa variedad (Sabrina)



Nota. En la figura se muestra la fresa variedad “Sabrina”

2.2.1.2. *Composición química de la fresa*

Acerca de la composición química de la fresa el autor Cumplido (2022) señala lo siguiente: El fruto de fresa es el tejido sumidero más importante de la planta, acumulando entre el 20-40% del total del peso seco de ésta. La fructificación inhibe la producción de estolones, coronas e inflorescencias, sin embargo, no afecta generalmente a los niveles totales de peso seco en la planta salvo en raíz, donde se produce una reducción de la biomasa durante dicho proceso.

La fresa es muy apreciada por su delicado sabor, aroma y por su valor nutricional. El fruto maduro se compone aproximadamente en un 90% de agua y en un 10% de sólidos solubles que incluye numerosos componentes importantes de la dieta. Son ricas en vitamina C (o ácido ascórbico). Una cantidad estándar de fresas (10 frutas) suministra el 95 % de los requerimientos dietéticos diarios recomendados de vitamina C.

En la naturaleza, la vitamina C se sintetiza a partir de D-glucosa-6-fosfato (D-Glu-6-P) a través de diferentes vías: en animales, la D-Glu-6-P se sintetiza a través de la ruta del ácido D-glucurónico para formar el precursor gulono-1,4-lactona; en plantas, existe

una ruta más compleja que involucra diferentes compuestos del azúcar (fructosa, manosa) hasta llegar a la síntesis de galactono-1,4-lactona.

Recientemente, se ha propuesto una vía alternativa para la síntesis de vitamina C en plantas. Esta ruta sugiere que la síntesis de la vitamina C se produce a partir de la degradación de componentes péctínicos de la pared celular, principalmente de ácido galacturónico (GaiUA). Los principales azúcares solubles de la fresa son la glucosa y fructosa, que constituyen más del 80 % de los 9 azúcares totales y el 40% del peso total seco.

La glucosa, la fructosa y la sacarosa son los azúcares solubles que están presentes en el fruto de fresa en todas las etapas de maduración. La glucosa y la fructosa se encuentran casi a concentraciones iguales, incrementando de forma continua durante el desarrollo de la fruta y pasando de un 5% en frutas verdes pequeñas a un 6.9% en las bayas de color rojo.

Los niveles de sacarosa son generalmente mucho más bajos y muestran una pequeña acumulación cerca del desarrollo de la fruta. Las invertasas probablemente desempeñan un papel importante en la regulación de la dulzura del fruto mediante el control de sus niveles de sacarosa y hexosas.

Por otra parte, el ácido orgánico principal del fruto de fresa es el ácido cítrico, que constituye un 88% de los ácidos totales. La fresa contiene también importantes niveles de ácido elágico, que posee propiedades anticancerígenas.

Tabla 1*Composición química de la fresa*

Componente	Valor promedio (%)
Agua (g)	92.0
Proteínas (g)	0.6
Ácido elagico (mg)	0.09-0.4
Carbohidratos totales (g)	7.0
Fibra (g)	0.5
Vitaminas C (mg)	56.7
Otras (mg)	<0.5
Calcio (mg)	14
Hierro (mg)	0.4
Fósforo (mg)	19.0
Magnesio (mg)	10.0
Potasio (mg)	166.0
Sodio (mg)	1.0
Zinc; cobre	<0.5
Manganeso (mg)	0.8
Lípidos saturados (mg)	0.052
Lípidos mono insaturados (mg)	0.186
Lípidos poli insaturados (mg)	0.0
Colesterol (mg)	12.0
Fito esteroides (mg)	522.0

Nota. En la tabla se describe la composición química de la fresa, datos tomados de referencia de (Cumplido, 2022).

2.2.1.3. Cosecha en fresas

La época de recolección y la frecuencia de los pases varían según la zona y el mes en el que se esté realizando esta labor. Ésta se lleva a cabo de forma manual con total delicadeza, y es conveniente cosechar cuando el fruto presente el color típico de la variedad entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ partes de la superficie, dependiendo del destino del mercado. Además, los frutos deben conservar el cáliz y parte del pedúnculo. Una vez cosechada, debe seleccionarse y empacarse el mismo día de su recolección. La selección de las frutas se basa en el grado de maduración, diámetro de la corona y sanidad de las frutas

fundamentalmente. Existen normas establecidas para cada tamaño. No obstante, estas medidas y nombres de calidad pueden cambiar según la empresa comercializadora y el país al que vaya dirigido (Rosen y Kader, 2019).

Tabla 2

Medidas de calidad en fresas

Categoría	Diámetro
Extra grande	>40 mm
Grande	35 – 40 mm
Mediana	30 – 35 mm
Pequeña	25 – 30 mm

Nota. En la tabla se presenta las medidas de calidad establecidas en fresas de acuerdo a la categoría y al diámetro; información obtenida por Rosen y Kader (2019)

El empaque de la fresa se debe realizar en campo. Por lo general, se debe colocar el fruto en envases de plástico, y a su vez éstos en cajas de cartón que albergan unos ocho envases de plástico. Una vez seleccionada y empacada la fruta, se procede lo antes posible al almacenamiento en cámaras frigoríficas a temperaturas entre 2-5°C. En estas condiciones, la fruta se puede mantener entre 7 y 10 días en función de la variedad. Para su mayor conservación, se recomienda almacenar los frutos en condiciones de atmósfera modificada (2% CO₂ y 15-20% O₂ a una temperatura de 0°C). En estas condiciones se pueden conservar hasta 30 días (Rosen y Kader, 2019).

2.2.1.4. Post cosecha en fresas

Las fresas son cosechadas una vez que presentan la talla deseada según la variedad. La cosecha es de forma manual separando con cuidado la fresa y la planta. Las fresas son colocadas en un recipiente, cubeta o java para ser enviadas al área de empaque. Cada productor tiene su sistema de cosecha, transporte al empaque y sistema de empaque diferente, por lo tanto, es muy difícil ofrecer un sistema específico. Cuando las fresas están en el área de empaque son lavadas, desinfectadas y seleccionadas. Las fresas con golpes, con talla pequeña, color no deseado, forma no deseada, tallo arrancado o fresas enfermas son desechadas.

La fresa que cumple con las expectativas de calidad y es sometida a los siguientes procesos de empaque. Las fresas son roseadas de la cera o cobertura para conservar y prolongar la vida de anaquel por sistema de aspersión y se destina al área de envasado.

En el envasado las fresas son introducidas en canastas de plástico o en cualquier otra presentación, regularmente en el empaque se empaquetan como se van a ofrecer en el mercado. El envase donde van las fresas tiene características de tamaño, ventilación, por lo general son transparentes y con la marca del productor como parte de la presentación. Las fresas una vez ya empacadas se acomodan en cajas de cartón corrugado por unidades de 20, 30, 40 canastas por cajas (es muy variable) y se almacenan durante 5 horas a 6 grados centígrados antes de enviarse al mercado final. Una vez que las fresas cumplen con el proceso de pre enfriado son cargadas en el tráiler y viajan a una temperatura de entre 4 y 8 grados centígrados (Rosen y Kader, 2019).

2.2.1.5. Parámetros de calidad en fresas

Los parámetros a tener en cuenta incluyen la apariencia (color, forma, tamaño, ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles, acidez, aroma), y valor nutricional (vitamina C). Se recomiendan niveles de sólidos solubles de 7% y de acidez de 0,8%. El cáliz debe presentarse verde y turgente (Mitchell. et. al. 2022).

a. Etileno

Con respecto al etileno la producción es muy baja ($< 0.1 \text{ J, II C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 20°C) y la respuesta de los frutos a esta hormona no es muy marcada (Kader, 2022). No obstante, la remoción del etileno de la atmósfera de almacenamiento reduce la incidencia de enfermedades. Las enfermedades y el ablandamiento excesivo son las principales causas de deterioro en frutillas por lo que debe prestarse especial atención a estos aspectos a fin de extender su vida postcosecha (Salunkhe y Desai, 2021).

b. Respiración

Las fresas se caracterizan por una alta tasa de respiración ($50\text{-}100 \text{ mi CO}_2/\text{kg.h}$ a 20°C), muy dependiente de la temperatura y tiempo de almacenamiento, estado de maduración, concentración gaseosa, cantidad de etileno, etc. Rosen y Kader (2019) obtuvieron valores de tasa de respiración a 0°C de $15 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$, aumentando ésta de 4 a 5 veces a 10°C , y de 2 a 3 veces al pasar de 10 a 20°C . Otros autores observaron cambios en la tasa de respiración 4 veces superior a la presentada para incrementos de 1°C dentro del intervalo de $0\text{-}30^\circ\text{C}$, sin especificar variaciones para los diferentes intervalos de temperatura (Hardenburg et al. 2021).

Tabla 3*Recomendaciones para mantener la calidad post cosecha de la fresa*

Temperatura óptima	Humedad relativa óptima	Tasa de respiración (ml CO ₂ /Kg – h)		
		0°C	10°C	20°C
0+-5	90 – 95%	6 -10	25 - 50	50 - 100

Nota. En la tabla se describe las recomendaciones para mantener la calidad post cosecha de la fresa; datos citados por (Rosen y Kader, 2019).

c. Pérdida de peso

La fresa presenta una elevada tasa de transpiración, produciendo pérdidas de agua que implican arrugamiento (aspecto envejecido), disminución de peso comercial y descenso de la calidad sensorial, afectando a la apariencia, textura y jugosidad del fruto. En la mayoría de los frutos pérdidas del 3-5 % del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial. Problema todavía más notable en el caso de las fresas, pues debido a su fina piel no poseen una buena barrera exterior con que retener el agua (Olías, 2023). La pérdida de este parámetro de calidad implica en la fresa un mayor encogimiento y una disminución de su brillo, siendo por ello la máxima pérdida de peso aconsejable para este fruto durante su comercialización del 6% (Robinson et al. 2022).

d. Firmeza

La textura es la propiedad física representativa del proceso de masticación y percepción del alimento en la boca. Está considerada como otro parámetro clave indicador de calidad por ser directamente proporcional al grado de madurez del fruto. Para la realización de las medidas de fuerza existen una gran variedad de posibilidades: penetración, compresión, tensión, etc., de entre las cuales la penetración es la más utilizada en las fresas. Los métodos instrumentales más utilizados son los empíricos, que se fundamentan en someter las muestras a una fuerza y relacionan ésta con el tiempo y con la deformación (Giese, 2023).

e. pH

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de post cosecha de la fresa, estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura, aumento de CO₂, etc.

La no influencia del CO₂ podría deberse a su transformación en ácido carbónico y posterior disociación en el citoplasma, produciendo cambios de pH absorbidos por la capacidad tampón de los tejidos. Alternativamente, un pH bicarbonatado podría formarse en el interior de las vacuolas, aumentando su valor, aunque estos cambios se neutralizarían por la capacidad tampón de los ácidos orgánicos (Holcroft y Kader 2019).

f. Sólidos solubles

Los sólidos solubles son el conjunto de determinados azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico), compuestos fenólicos, antocianinas, etc.; cuyas proporciones dependen de la variedad estudiada. Las fresas, tras su recolección, como continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizan como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección (Pelayo y Castillo, 2023).

La disminución en el tiempo de este parámetro depende de los distintos factores relacionados con su conservación, siendo la temperatura y las características del material de envasado los principales. La aceleración de la respiración, es decir, la disminución de los sólidos solubles, se produce en presencia de atmósferas ricas en oxígeno (Wszelaki y Mitcham, 2022), resultados contradictorios a los hallados por (Pelayo y Castillo, 2023) y Holcroft y Kader, 2019), en los que la exposición de fresas a diferentes atmósferas no afecta a la cantidad de sólidos solubles del fruto.

g. Acidez titulable

La acidez titulable no es una medida de acidez total definida como suma de ácidos presentes libres y combinados con cationes, sino una medida de cambios de concentración de ácidos orgánicos del fruto. El ácido cítrico es el más abundante de la fresa, seguido de málico, succínico y ascórbico, razón por la que los resultados de acidez titulable se expresan en cantidad de ácido cítrico. En la fresa, según sea el tejido analizado externo o interno, la cantidad inicial de ácido cítrico es distinta y evoluciona de manera

independiente. Así, altas cantidades de dióxido de carbono solo producen aumentos de ácido cítrico en el tejido externo (Ulrich, 2021).

h. Color

El color es uno de los parámetros de calidad que más información proporciona sobre la evolución de las fresas, siendo detectable mediante colorimetría (color externo) y espectrofotometría visible (color total). El color externo se mide con los parámetros colorimétricos a^* , b^* , e y ángulo h , y el color total con la concentración de antocianos, determinados como glucósido 3-pelargonidina, por ser el mayoritario de la fresa, constituyendo el 88 % de los antocianos de la parte externa y el 96% de la interna. (García y Aguilera, 2021).

i. Olores anómalos

Los metabolitos fermentativos acetaldehído, etanol y acetato de etilo, que forman parte del aroma de las fresas (Pelayo y Castillo, 2023), aunque aumentan de manera natural durante la maduración (Ke et al. 2021; Larsen y Watkins, 2022), pueden sufrir cambios drásticos con el almacenamiento, dependientes del tipo de cultivo, tiempo y temperatura de almacenamiento y condiciones atmosféricas. Su generación es catalizada por los enzimas piruvato descarboxilasa (PDC), alcohol deshidrogenasa (ADH) y alcohol acetiltransferasa, los cuales transforman el piruvato en acetaldehído, el acetaldehído en etanol y el etanol en acetato de etilo, respectivamente (Pérez, 2022).

Durante el almacenamiento de las fresas, cantidades de 8, 23 y 63% de acetaldehído, etanol y acetato de etilo, respectivamente, son consideradas como adecuadas (Ke et al. 2021). Valores no generalizables dado que otras variedades, o la misma variedad en diferentes periodos, pueden presentar valores iniciales muy superiores (Sanz et al. 2019). Los efectos de las atmósferas controladas o modificadas sobre el sabor de las fresas no están todavía claramente definidos, aunque se relacionan con incrementos de compuestos fermentativos y esteres de etilo (mayoritariamente el acetato de etilo), volátiles dependientes de la variedad de fresa estudiada (Larsen y Watkins, 2022).

Ke (2021) señala que la respiración anaerobia generada por las condiciones de atmósfera modificada durante el envasado, acumula inicialmente acetaldehído y, posteriormente, etanol y acetato de etilo, alcanzando las concentraciones necesarias para generar olores atípicos. Según este mismo autor, el etanol es el causante, en cambio según otros (Larsen et al. 2022) es su combinación con el acetato de etilo.

La presencia de esteres ramificados en fresas sometidas a tratamientos ricos en CO₂ se relaciona con condiciones de estrés o senescencia inducidas por el propio gas (Pelayo y Castillo, 2023), fenómenos necesarios para inducir la fermentación con la que se producen las cantidades necesarias de su precursor, el etanol (Purvis, 2022).

Por tanto, el mantenimiento del perfil de ésteres original durante el almacenamiento depende de la capacidad de los cultivos de mantener una baja tasa de su metabolismo fermentativo. La preferente síntesis de ésteres de etilo frente a otros esteres en presencia de altas cantidades de etanol es posible debido a la no aparente preferencia de la AAT por sustratos específicos (Ahorini et al. 2022).

En cambio, este incremento en esteres de etilo en atmósferas ricas en CO₂ también es observado por (Ke et al. 2021), pero con butirato de etilo y no con acetato de etilo, observan también un aumento en la actividad en los enzimas PDC y ADH, y un descenso en la del enzima AAT en presencia de altas concentraciones de CO₂, fenómenos asociados a variedades de fresa capaces de mantener bajos niveles de metabolitos fermentativos en estas condiciones atmosféricas (Fernández et al. 2019).

Según Pesis y Avissar (2022) las altas concentraciones de acetaldehído se relacionan con aumentos en la tasa de respiración de la fresa, provocando aumentos en la concentración de CO₂. En algunos estudios, estas altas cantidades de compuesto volátil no son detectadas por su rápida transformación en acetato A, precursor del acetato de etilo y en posteriores reacciones del etanol. El aumento de la cantidad de estos tres compuestos fermentativos depende de una serie de factores como son:

- La permeabilidad presentada por el material de envase: Las fresas envasadas con materiales de baja permeabilidad muestran un aumento inicial del acetaldehído y con el tiempo del acetato de etilo y etanol.
- La relación existente entre el compuesto volátil y el material polimérico: Los fenómenos de sorción y difusión ocurridos dependen por una parte del polímero (tipo, estructura tridimensional, cohesión del material y temperatura de transición vítrea) y por otra, de las características del compuesto volátil (forma, tamaño, naturaleza, polaridad y capacidad de condensación) (Quezada et al. 2019).
- Roturas fisiológicas producidas durante la sobremaduración (Smagula y Bramlage, 2021):

j. Aroma

El aroma junto con azúcares, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y metabolitos fermentativos conforman el "flavor" o percepción sensorial de las fresas (Pelayo y Castillo, 2023), siendo su balance el responsable del atributo "frescor" que caracteriza a estos frutos. El aroma depende de muchos factores y presenta grandes cambios tras la recolección del fruto, siendo uno de los parámetros clave en la aceptación o rechazo de las fresas por parte del consumidor. La pérdida de este deseado aroma o el desarrollo de no deseables compuestos fermentativos reduce su calidad y aceptabilidad (Forney et al. 2022). Los compuestos volátiles que forman el aroma de la fresa solo suponen entre 0,001% y 0,01% del peso en fresco del propio fruto, por tanto, estos compuestos tienen un mayor efecto cualitativo que cuantitativo (Buttery, 2021).

El típico aroma de las fresas proviene de la combinación de numerosos volátiles presentes en ciertas concentraciones y del particular balance entre ellos. Así, el aroma a fresa es el resultado de la percepción combinada de muchas notas aromáticas a caramelo, florales, frutales, olor a mantequilla, olor amargo y olor a hierba (Schieberle y Hofmann, 2021).

Entre los aproximadamente 360 compuestos volátiles que han sido identificados en el aroma de las fresas: ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, terpenos, furanonas y compuestos azufrados (Forney et al. 2022), solo 15 - 25 contribuyen mayoritariamente al mismo, considerándose por tanto "compuestos clave". Entre ellos se encuentran los ésteres de metilo y etilo (butanoato de metilo, butanoato de etilo, hexanoato de metilo y hexanoato de etilo), las furanonas (2,5 dimetil - 4 - metoxi - 3(2H) - furanona y 2,5 - dimetil 4 - hidroxil - 3(2H) - furanona), los aldehídos de seis carbonos y otros derivados de seis carbonos, diacetilo, ácido acético, linalool, - dodecalactona, benzaldehído y algunos compuestos e; azufrados (Sanz et al. 2019).

Los efectos sobre el "flavor" de las fresas en condiciones de atmósfera modificada y controlada no están todavía claramente definidos, aunque se relacionan con incrementos de compuestos fermentativos y ésteres de etilo (principalmente el acetato de etilo), siendo éstos totalmente dependiente de la variedad de fresa estudiada (Larsen y Watkins 2021), Ke et al. (2021) proponen que el aroma de las fresas almacenadas en atmósfera controlada se ve alterado no solo por aumentos de acetaldehído y etanol sino por la generación en pequeña cantidad de algunos ésteres volátiles.

2.2.1.6. *Conservación de fresas*

Las frutas y hortalizas son tejidos vivos hasta el momento en que son preparadas para el consumo o procesadas para la conservación (Ruelas et al., 2023). La reducción de las altas pérdidas de frutas y hortalizas requiere la adopción de varias medidas durante la cosecha, el manipuleo, el almacenamiento, el envasado y su procesamiento para obtener productos adecuados con mejores propiedades de almacenamiento (Maris et al., 2021).

Según Toalombo (2021), actualmente la demanda de productos de buenas características sensoriales, nutritivas y libre de microorganismos ha incrementado notablemente, es por esto que el desarrollo de recubrimientos a base de polisacáridos ha conllevado un incremento significativo en la industria alimenticia por lo que presentan una interesante alternativa de conservación debido a su fácil procesamiento, bajo costo, abundancia, no toxicidad, y fácil manipulación, lo que ayudaría a prolongar la vida en anaquel de los alimentos alcanzando así una agricultura sostenible (Fernández et al., 2022).

2.2.2. *Recubrimientos comestibles*

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes de este. Los recubrimientos comestibles en frutas crean una atmosfera modificada en el interior de estas, reduciendo la velocidad de respiración y retrasando el proceso de senescencia, debido a que crean una barrera a gases (O_2 , CO_2 y vapor de agua). Esto retrasa el deterioro de la fruta causado por la deshidratación, mejorando las propiedades mecánicas, ayuda a mantener (Caudillo, 2022).

2.2.2.1. *Recubrimientos comestibles a base de carbohidratos*

Estos recubrimientos tienen baja permeabilidad al oxígeno, lo que puede reducir la tasa de respiración de los productos mínimamente procesados. El almidón es el polisacárido más importante utilizado en la formulación de películas biodegradables y recubrimientos comestibles. Aunque el almidón es un material barato y abundante, capaz de formar una matriz de polímero continua; presenta un carácter hidrófilico que constituyen barreras pobres al vapor de agua. La adición de lípidos puede reducir la permeabilidad al vapor de agua, pero también afectan la transparencia y las propiedades mecánicas de los recubrimientos (Santiago, 2022).

2.2.2.2. *Recubrimientos comestibles a base de proteínas*

Los recubrimientos elaborados con matriz estructural de proteínas consisten en redes macromoleculares continuas, relativamente ordenadas y de baja humedad, presentan gran permeabilidad al vapor de agua, 2 o 4 veces más que los empaques de plásticos comerciales son buenas formadoras de películas y se adhieren a las superficies hidrofílicas. Sin embargo, pueden aumentar su resistencia a la transmisión de vapor de agua mediante la combinación de proteínas con materiales hidrofóbicos. Estos recubrimientos compuestos, ofrecen una mayor expectativa de aplicación. Las principales proteínas que pueden ser empleadas en la elaboración de películas compuestas comestibles son: caseína, colágeno, gelatina, proteína de leche, proteína de soya, proteínas derivadas de los cereales (Santiago, 2022).

2.2.2.3. *Recubrimientos comestibles a base de lípidos*

Entre los materiales lípidos que se han empleado para la elaboración de formulaciones destinadas a productos mínimamente procesados, se encuentran las ceras de abejas, mono glicéridos acetilados, ácido esteárico, ácido láurico y ésteres de ácidos grasos (Jiménez et al., 2022). Por su naturaleza hidrofóbica los lípidos ejercen una buena barrera al vapor de agua, sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando películas y recubrimientos quebradizos. Generalmente, los recubrimientos y películas de cera han demostrado ser sustancialmente más resistentes a la humedad que al transporte de la mayoría de otros lípidos (Hernández, 2021).

- *Mecanismos de formación de películas*

En la formulación de películas y recubrimientos se necesita de una matriz estructural con suficiente cohesividad, así como de aditivos que pueden ser plastificantes y agentes bio activos, por el ejemplo: Antioxidantes, antimicrobianos. Estos compuestos formadores de películas son combinados y crean una estructura continua mediante interacciones entre moléculas bajo la acción de tratamiento químico o físico. El proceso de producción de la solución formadora de películas incluye generalmente, una primera etapa con la solubilización de las macromoléculas del polímero en un medio disolvente (por ejemplo, agua, etanol o ácidos); que puede contener uno o varios aditivos (plastificantes, agentes de reticulación, solutos, agentes de expansión, estabilizantes, entre otros).

La solución formadora de película se extiende en una capa delgada, normalmente seguido de un tratamiento de secado. Las propiedades funcionales de la película dependen de un número de parámetros, Formulación de solución (características y concentración de los componentes básicos y secundarios, pH, condiciones de desnaturalización) Condiciones de formación de la película (tipo de superficie sobre la que se extiende la solución, condiciones de secado, temperatura y velocidad). Condiciones en que se utiliza la película (temperatura y humedad relativa). La formación de una película también se puede realizar por los siguientes procesos: coacervación simple, coacervación compleja, gelificación o coagulación térmica, eliminación del disolvente y, fusión y solidificación (Aguilar, 2023).

- *Propiedades físicas de las películas y recubrimientos*

Las películas y recubrimientos se caracterizan por constituir una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasan el deterioro del alimento, las propiedades físicas mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios y funcionales. Al ser aplicados a frutas permite controlar la respiración y senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo así una barrera a los gases y al vapor de agua, alargando la vida de anaquel y reduciendo de esta manera el deterioro del fruto (Hernández, 2021).

Las películas y recubrimientos deben tener requerimientos funcionales en tres aspectos: Los referidos a sus propiedades de barrera, es decir, deben ser una barrera selectiva contra transmisión de gases, vapores y solutos; los requerimientos en cuanto a sus propiedades sensoriales, debiendo ser transparentes, inodoros e insípidos y aquellos que describen sus propiedades mecánicas, deben presentar manejabilidad, tensión y elasticidad. Así mismo, los recubrimientos pueden ser una protección mecánica y pueden servir como acarreadores de sustancias funcionales, como antioxidantes, antimicrobianas y nutrientes bio activos. Generalmente, las propiedades funcionales de estos materiales dependen en gran medida de su contenido de agua y de la humedad del medio circundante (Bertuzzi et al., 2022).

- *Propiedades mecánicas de las películas y recubrimientos*

Las propiedades mecánicas de las películas biodegradables dependen del tipo de material utilizado y especialmente de su cohesión estructural. La cohesión es el resultado de la propiedad del polímero para formar fuertes y/o numerosos enlaces moleculares entre

cadena polimérica, dificultando así su separación. Las pruebas de esfuerzo y deformación son utilizadas para determinar las propiedades mecánicas de los materiales. Los parámetros comunes y principales que se caracterizan son: la tensión a la fractura (TF), el porcentaje de elongación (% E) y el módulo de elasticidad (ME o Módulo de Young) (Aguilar, 2023).

- *Propiedades de transferencia de las películas y recubrimientos*

Una de las funciones de un material de empaque es proteger al producto del medio que lo rodea. La permeabilidad al vapor de agua (PVA o por sus siglas en inglés, WVP), es una propiedad importante que indica la habilidad de la película de controlar el transporte de agua a través de esta. Otra propiedad que presentan las películas a base de almidón es la adsorción de agua, lo que significa que las moléculas de agua se ligan en sitios hidrófilos específicos, como pueden ser en residuos carboxilo e hidroxilo, a bajas humedades relativas o actividades de agua (aw). A altas (aw) la adsorción va acompañada de hinchamiento y cambios conformacionales en la estructura macromolecular (Bertuzzi et al., 2022).

2.2.3. *Penca sábila (Áloe vera)*

Es una planta con virtudes curativas, las que han sido utilizadas por un gran número de civilizaciones antiguas de algunas partes de Europa, la India y el Continente Africano desde hace más de 3000 años, técnicamente conocida como Aloe vera. Su nombre común Sábila, procede de la voz árabe "sabaira" que significa amargo y el género científico *Áloe* proviene de otra palabra árabe "Alloeb" que significa sustancia brillante amarga. Las especies de *áloe* son plantas herbáceas o leñosas, arbustivas a veces arborescentes, generalmente rizomatosas, con raíces tuberosas o con parte subterránea bulbosa, en algunos casos con crecimiento secundario en grosor tipo anómalo (Reynolds y Dweck, 2023).

Algunas especies son solitarias, otras se agrupan en formación. Diversas civilizaciones han conocido las propiedades del áloe a lo largo de la historia. Así, el dato más antiguo sobre el uso terapéutico procede de sumeria (Mesopotamia) en el siglo XVIII a.C., y utilizaba como laxante. Los efectos terapéuticos del gel de *Aloe vera*, tanto por aplicación tópica como la ingestión oral alivian las quemaduras, edemas e incisiones, se emplea contra la artritis, pero sobre todo su acción antiinflamatoria ha sido una de las más estudiadas (Reynolds y Dweck, 2023).

Figura 2

Penca sábila (Áloe vera)



Nota. En la figura se muestra la planta de penca sábila entera y cortada en trozos.

2.2.3.1. Propiedades nutricionales de la penca sábila

En las hojas de la sábila se encuentra un gel la cual es la fuente natural de alrededor de 75 sustancias, las cuales están formadas por vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, E), por minerales (calcio), aminoácidos para la construcción de proteínas, enzimas utilizadas en el sistema digestivo, azúcares (incluyendo algunos polisacáridos importantes para el mejoramiento del sistema inmunológico) y agentes anti-inflamatorios y anti-microbianos (Ramirez et al. 2023). Estas características permiten que la sábila sea considerada como un alimento funcional promotor de la salud ya que contribuyen a prevenir ciertas enfermedades crónicas no transmisibles; reducen el riesgo de algún tipo de anomalías de carácter fisiológico y, en general contribuyen al buen estado de salud del individuo que le permite prolongar o mejorar su calidad de vida (Palomino, 2022).

2.2.3.2. Penca sábila como recubrimiento comestible

Castillo (2022) manifiesta que la parte más usada de la planta de la sábila es un gel mucilaginoso que se encuentra dentro de las pencas de éstas mismas y que tienen las propiedades de generar biofilms una vez que se secan. El gel de Aloe vera contiene alrededor de 98.5 % de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables, además de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante como las cromonas y las antroquinonas.

2.2.3.3. *Mucílagos de penca sábila*

Los mucílagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general ácidos urónicos. Se caracterizan- por formar disoluciones coloidales viscosas: geles en agua. Los mucílagos son constituyentes normales de las plantas y su uso en el recubrimiento de frutas cortadas no ha sido muy estudiado. De la planta de sábila se puede extraer un gel cristalino conocido como *Aloe vera* el cual está libre de aroma y sabor (Barahona, Flores y Rosero, 2023).

Se emplearon también geles elaborados a partir de *Aloe vera* para el recubrimiento de uvas de mesa, observando una extensión de la vida útil de las frutas de hasta 35 días comparado con uvas sin recubrir. Además, dicho recubrimiento permitió retener la concentración de ácido ascórbico de las uvas, se estudió también el efecto de un recubrimiento comestible a base de *Aloe vera* aplicado en cerezas, obteniendo una disminución de los cambios en los diferentes parámetros responsables de la pérdida de calidad de la fruta, además de excelentes propiedades sensoriales en los recubrimientos (Ni et al., 2024).

Otro mucílago recientemente empleado en la elaboración de recubrimientos comestibles es el extraído de cactus. Este tipo de mucílago tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua, disolverse y dispersarse por sí mismo y formar soluciones viscosas, también se desarrolló un recubrimiento comestible a partir de mucílagos de cactus (*O. ficus indica*) con el fin de extender la vida útil de fresas. Este recubrimiento no afectó la calidad sensorial de las frutas recubiertas, manteniendo además su color y firmeza original durante el almacenamiento (Martínez y Romero, 2021).

2.2.3.4. *Usos del gel de penca sábila*

El gel extraído de las hojas con bajo contenido de antraquinonas, los hace ideal para la preparación de bebidas o alimentos sólidos que presentan propiedades benéficas debido a su buena acción reguladora del sistema digestivo, se debe aclarar que para esto se debe lavar exhaustivamente para reducir hasta los límites permitidos por la ley el contenido de antraquinonas tóxicas y laxantes que se encuentran en los productos terminados y aprovechar la gran cantidad de glucósidos medicinales presentes en este (glucomanano) (Alves et al. 2022).

El gel de *Áloe vera* puede ser usado como antiinflamatorio y como un poderoso cicatrizante del tejido epitelial, debido a la actividad de sus aminoácidos que estimulan la producción de nuevas células y la habilidad de sus enzimas para promover la regeneración de la piel, puede ser usado en el tratamiento de heridas, quemaduras e irritaciones en la piel en general, usando la planta como tal o algún preparado, tiene extensa aplicación en la industria cosmética donde es considerado como un emoliente efectivo, tanto para la piel como para el cabello, puede ser útil además, en el campo de la medicina veterinaria (Barahona, Flores y Rosero, 2023).

2.2.3.5. Beneficios del gel de penca sábila

a) Estimulante del crecimiento de los tejidos

En la composición química del gel de *Aloe vera*, se encuentra el fosfato de manosa, que actúa como agente de crecimientos de los tejidos el ácido ascórbico se considera benéfico para el crecimiento ya que puede retrasar la formación de sustancias semejantes a la melanina, que inhiben el crecimiento (Anderson 2022).

b) Regenerador Celular

Los polisacáridos contenidos en el gel de aloe, entre los que se encuentran los glucomartanos, los cuales constituyen alrededor del 0.2 - 0.3 % del gel fresco y otros con elevados contenidos de galactosa, pentosa y ácidos urónicos, los hacen casi insustituibles como regeneradores titulares (Álvarez y Varón 2021).

c) Antioxidante

Se ha encontrado que algunos polisacáridos del gel de sábila poseen propiedades antioxidantes y efectos protectores en células de origen animal las propiedades antioxidantes dependen del grado de acetilación, el peso molecular, el tipo de azúcares y el enlace glucosídico de los polisacáridos presentes en el aloe vera (Álvarez y Varón 2021).

d) Propiedades antimicrobianas

Los álces muestran una actividad inhibitoria de algunos *Bacillus*, bloqueando la síntesis de los ácidos nucleicos en las bacterias, acción debida probablemente a las antraquinonas, el conjunto de antraquinonas (*aloin*, *barbaloin* y *ácido aloético*) produce un efecto antibiótico y antiviral. La saponina y aloesina presentan un carácter antiséptico y unos amplios espectros antimicrobianos (bactericidas y antivírico) estos compuestos neutralizan el efecto de las toxinas microbianas. Se ha demostrado que desde el punto de

vista biológico los taninos están relacionados con la resistencia de las plantas a las infecciones y se consideran potentes agentes antifúngicos (Álvarez y Varón 2021).

2.2.4. Cera de abeja

La cera de abejas es un producto obtenido de las colmenas, que se ha utilizado tradicionalmente para fabricar velas, como recubrimiento impermeabilizante, como agente moldeable en joyería, tablillas de escritura, esculturas y similares; y como espesante y vehículo de administración de cosméticos y colores y de remedios grasos en la farmacopea tradicional, “ceratos” (Gómez 2022).

Figura 3

Cera de abeja



Nota. En la figura se observa la imagen de la cera de abeja.

2.2.4.1. Composición química de la cera de abeja

Según Marconi (2023), la composición de la cera de abeja como toda sustancia natural es una mezcla de mono ésteres lineales saturados o insaturados, hidrocarburos, ácidos grasos libres, alcoholes grasos libres y algunas pocas sustancias exógenas. Más de 300 compuestos diferentes han sido reportados y no todos han sido identificados, 111 de ellos son compuestos volátiles y por lo menos 48 compuestos son responsables del aroma de la cera. El comité de expertos de la FAO/OMS en aditivos alimentarios (JEFCA), postula que la cera de abejas contiene esencialmente cinco grupos principales de componentes, los cuales son:

1. Los ácidos grasos libres (aproximadamente 12 a 14 %), la mayoría de los cuales están saturados (alrededor del 85 %) y tienen una longitud de cadena carbonada de entre C24-C32.
2. Los alcoholes grasos libres primarios (1%), con una longitud de cadena de C28-C35.
3. Mono ésteres de cera lineales y hidroximonoésteres (35-45%) con longitudes de cadena de C40-C48. Los ésteres se derivan casi exclusivamente del ácido palmítico, del ácido 15-hidroxipalmítico y del ácido oleico.
4. Ésteres de cera complejos (15-27%) que contienen ácido 15- hidroxipalmitico o dioles, vinculados a otra molécula de ácido graso a través de su grupo hidroxilo. Además de estos di ésteres se encuentran triésteres y ésteres superiores.
5. Hidrocarburos de cadena lineal impares (12-16%) con una longitud de cadena predominante de C27-C33. Con el aumento de longitud de la cadena, aumenta la proporción de especies insaturados (por encima de C33 son siempre insaturados) y se han identificado alcadienos y alcatrienos en niveles muy bajos.

La cera de abejas es una cera comercial que ha sido ampliamente utilizada como aditivo de calidad en la fabricación de cosméticos debido a su alta hidrofobicidad y excelente resistencia a la humedad. La cera de abejas es un candidato favorable para la preparación de películas y recubrimientos comestibles con la combinación de polisacáridos o proteínas (López, 2022).

2.2.5. Temperaturas de refrigeración

Los organismos psicrófilos entre 12 a 15°C crecen más rápidamente que los mesófilos 30 y 45 °C y, por tanto, la baja temperatura per se supone un factor de selección de la flora del alimento de gran importancia bacterias mesófilas, crecen entre, hace que la población bacteriana esperable tras largos periodos de refrigeración esté constituida mayoritariamente por psicrófilos, y que, por consiguiente, los procesos que se produzcan a esta temperatura sean, predominantemente, de alteración más que de desarrollo de microorganismos patógenos, los termófilos crecen entre 55 y 75°C. 47, casi la totalidad de los gérmenes patógenos y toxígenos son mesófilos cuya temperatura optima es 37°C, una escasa minoría pertenecen al grupo de sicrofilos entre las cuales se mencionan al *Clostridium botulium tipo E.* y *Listeria monocytogenes* (Broks, Butel y Morse, 2019).

La refrigeración inhibe la multiplicación de la mayoría de gérmenes patógenos presentes en alimentos contaminados, por lo cual el método de conservación por frío resulta ser una de las medidas más útiles en la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos. A baja temperatura las rutas metabólicas de los microorganismos se ven alteradas, como consecuencia de su adaptación al frío. el deterioro de alimentos refrigerados se produce por microorganismos psicófilos porque, aunque sus velocidades de crecimiento son lentas, los periodos de almacenamiento son muy prolongados. Los microorganismos patógenos son, en su mayoría, mesófilos y no muestran crecimiento apreciable, ni formación de toxinas, a temperaturas de refrigeración correctas. Ahora bien, si la temperatura no es controlada rigurosamente puede producirse un desarrollo muy peligroso rápidamente (Broks, Butel y Morse, 2019).

2.2.6. Vida útil en alimentos

Está definida como un periodo prologado de tiempo donde un producto alimenticio puede permanecer inocuo, conservando características y funciones deseadas, es por ello, que para lograr estimar la vida útil, se deberá conocer los diversos mecanismos que alteran y lograr llevar al deterioro, se incluye las pérdidas de características organolépticas, afectando la calidad sensorial del alimento (Alapont et al., 2020).

Así mismo, para (Lozano et al., 2023) existen muchos factores que pueden influir en la vida útil de los alimentos y una de las formas por la cual conocer el tiempo de caducidad de estas es por medio de la etiqueta de fecha de caducidad. Después de la cosecha, la fresa tiene una vida útil muy corta debido a su sensibilidad a la contaminación microbiana y alta actividad metabólica.

El ablandamiento de la textura, el color y los cambios sensoriales también ocurren después de la cosecha. Por lo tanto es necesario aplicar varias soluciones para reducir las pérdidas de almacenamiento y aumentar la vida útil de las fresas, como el almacenamiento a baja temperatura y en atmósfera modificada, el envasado activo o las aplicaciones de recubrimiento comestible (Yıldırım et al., 2022).

Para mejorar la vida útil de las fresas, se han estudiado diferentes tratamientos poscosecha, entre los que se incluyen el uso de sistemas de atmósfera modificada, tratamientos osmóticos, tratamiento con radiación y calor, tratamientos hipobáricos, aplicación de fungicidas para controlar la descomposición microbiana, almacenamiento a baja temperatura y/o aplicación de recubrimientos comestibles (Muley y Singhal, 2020).

2.2.7. *Análisis físicoquímico en alimentos*

Es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características químicas y físicas de los alimentos, la aplicación de los análisis físicoquímicos contribuye de manera crucial al desarrollo y a la comprensión del concepto de materia. La caracterización física y química de los alimentos está dada por los resultados obtenidos en diferentes análisis a los que estos son sometidos con el fin de conocer su composición química y en el contenido de sustancias tóxicas. Estos hacen parte del control de calidad y deben ser comparados con los límites establecidos en los documentos técnicos y normas según el alimento analizados (Vasco, 2019).

Los análisis físicoquímicos pueden llevarse a cabo de manera apropiada, si el laboratorio cuenta con guías internas (manual) elaboradas de acuerdo con los equipos y materiales que este disponga, para poder así abarcar la mayor cantidad de procedimientos para un control de la calidad en el alimento o el grupo de alimento analizados todo enfocado a afianzar el proceso de aprendizaje. Desde el punto de vista químico, los alimentos son tan complejos, que de algunos aún se desconoce su composición compleja: agua, proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales, vitaminas, pigmentos y aromas, pero también otras muchas sustancias al alimento sus características especiales de color, olor y textura. Además a su composición natural se suman los posibles aditivos añadidos durante su procesamiento, así como contaminantes potenciales, tanto químicos como biológicos (INEN, 2022).

Dentro de los objetivos de un análisis físicoquímico para alimentos esta conocer las características básicas de un producto, que sirvan como indicador de la calidad del mismo es fundamental no solo para establecer la ficha técnica de un producto sino también para poder estandarizar los procesos de producción en base a estas características.

El análisis cualitativo es una rama de la química analítica que tiene por objeto el reconocimiento o identificación de los elementos o de los grupos químicos presentes en una muestra, así como el estudio de los medios para poder identificar los componentes químicos de una muestra. En general, el fundamento para la identificación de una sustancia por el método clásico de análisis consiste en provocar en la misma un cambio en sus propiedades que sea fácilmente observable y que se corresponda con la constitución de dicha sustancias (William, 2021).

2.2.8. Análisis microbiológico en alimentos

2.2.8.1. Mohos y levaduras

Las micotoxinas son sustancias nocivas para la salud, son generadas por el crecimiento de hongos que contaminan los alimentos, la presencia de estas toxinas implican la posible existencia de otras debido a que un solo hongo produce diferentes micotoxinas (Salgado, 2022).

2.2.8.2. Aerobios mesófilos

Son todas aquellas bacterias aerobias o anaerobias facultativas mesófilas o psicrófilas capaces de crecer en agar cultivo nutritivo. Se investigan por el método de recuento en placa con siembra en profundidad, se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido (Agar para recuento en placa o PCA), donde se ha sembrado un volumen conocido de la solución madre o sus diluciones (1ml), incubadas a 37°C durante 24 horas (Porter y Hotchkiss, 2019).

2.2.8.3. Coliformes totales

Son bacilos gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados del grupo coliforme forman parte de varios géneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*. Se encuentran en el intestino del hombre, y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cascara de huevo (Lucero, 2019).

2.3. Definición de términos básicos

- **Análisis fisicoquímico:** estudio de características y propiedades de los componentes que conforman los alimentos determinando su calidad, seguridad y valor nutricional (Cumplido, 2022).
- **Análisis microbiológico:** ciencia que estudia los microorganismos, bacterias, hongos, protistas y parásitos y otros agentes como virus, viroides y priones (Bosquez et al., 2021).
- **Cera de abeja:** sustancia sólida y opaca que las abejas producen para construir sus panales, producto de las glándulas ceríparas de las abejas melíferas jóvenes, que la segregan como un líquido que se endurece al entrar en contacto con el aire (Gómez, 2022).
- **Conservación:** implica preservar la calidad, las propiedades nutritivas y organolépticas (sabor, olor, color, textura) de los mismos (Maris et al., 2021).
- **Fresa:** fruta de forma cónica o casi redonda, de tamaño variable según la especie (de 15 a 22 mm de diámetro), coronada por sépalos verdes, de color rojo y con un sabor que varía de ácido a muy dulce (Morales, 2022).
- **Mucílago:** sustancia viscosa, de mayor o menor transparencia, que se halla en ciertas partes de algunos vegetales, o se prepara disolviendo en agua materias gomosas (Palomino, 2022).
- **Penca sábila:** planta que produce dos sustancias que se usan en productos para el cuidado de la salud: un gel transparente y un látex amarillo (Reynolds y Dweck, 2023).
- **Recubrimientos comestibles:** película comestible delgada que recubre o separa los componentes del alimento, creando una barrera entre el alimento y la atmósfera que lo rodea (Caudillo, 2022).
- **Temperatura de refrigeración:** rango de temperatura controlada entre (2°C y 5°C) que se utiliza para inhibir el crecimiento de microorganismos y bacterias manteniendo sus propiedades organolépticas sin congelarlos (Bertuzzi, 2022).

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

El desarrollo de la presente investigación que abarca desde la (recepción de materia prima hasta la obtención del producto final), los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de: “Frutas y Hortalizas” ubicado en el primer piso de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Coordenadas: 7°10'01" S 78°29'44" O / -7°166943, -78.495427.

Altitud: 2750 m.s.n.m.

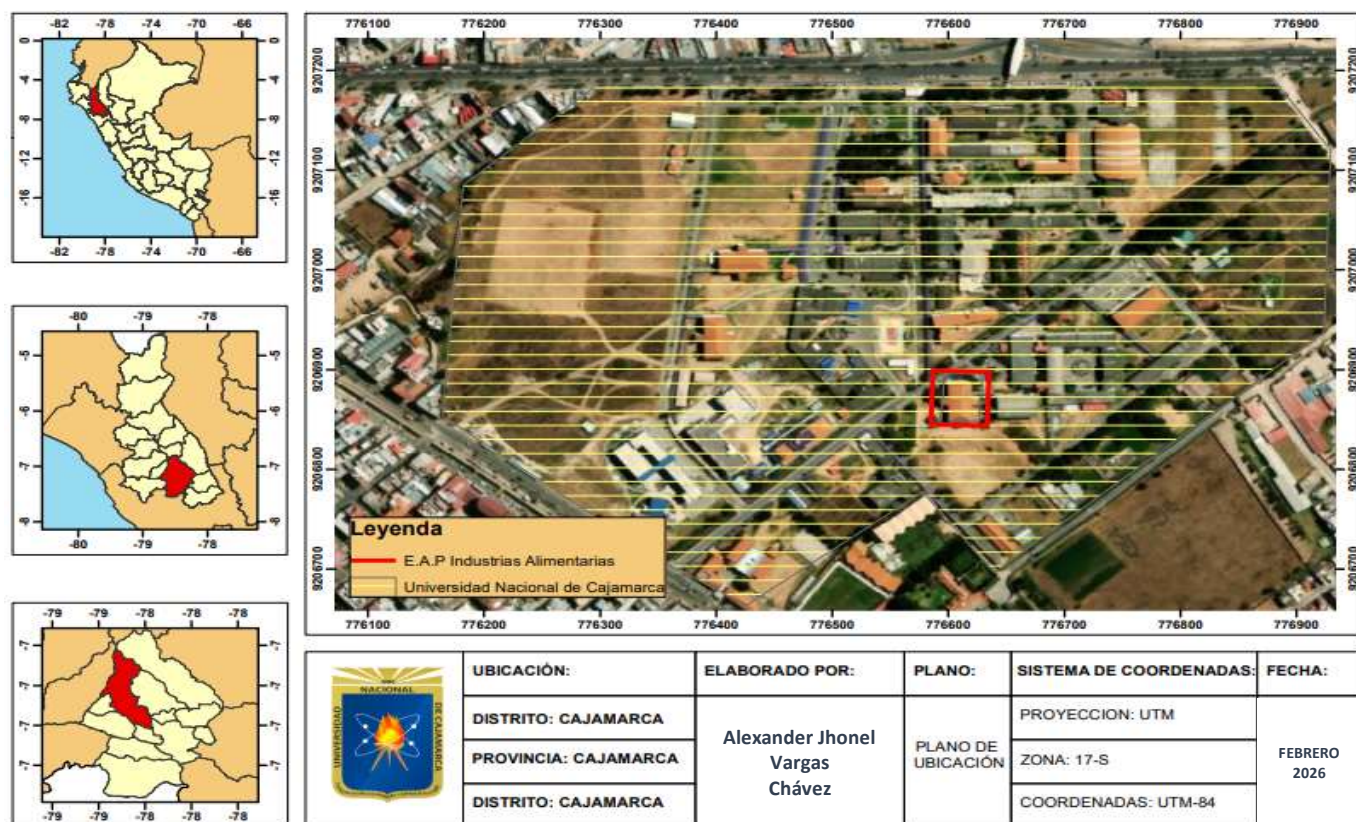
Temperatura: 15°C

Precipitación: 11%

Humedad: 73%

Figura 4

Mapa de ubicación – E.P. de I.I.A. (UNC) de Cajamarca



Nota. En la imagen se muestra el mapa de ubicación de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (UNC) de Cajamarca (Elaboración Propia).

La fresas (*Fragaria* × *ananassa*) variedad “Sabrina” fueron adquiridas del centro poblado “El Tambo”; provincia “Hualgayoc”; distrito “Bambamarca” provincial de “Cajamarca”:

Coordenadas: 9250868.530 N / 777967.267 E

Altitud: 2873.879 m.s.n.m

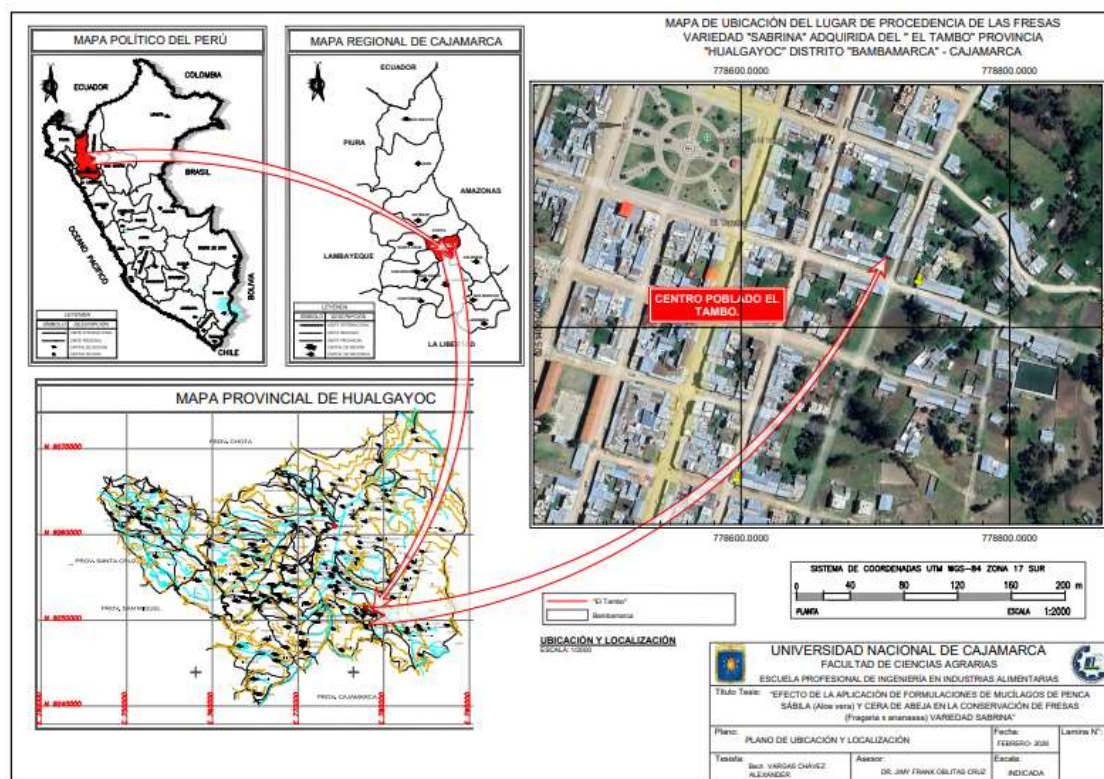
Temperatura: 6°C a 22°C

Precipitación: 11%

Humedad: 65%

Figura 5

Mapa de ubicación de: “El Tambo” – Bambamarca, lugar de procedencia de las fresas variedad “Sabrina”



Nota. En la imagen se muestra el mapa de ubicación del centro poblado “El Tambo”; provincia “Hualgayoc”; distrito “Bambamarca” provincia “Cajamarca”, lugar de procedencia de las fresas variedad “Sabrina” (Elaboración propia).

La penca sábila (*Aloe vera*) variedad “*Aloe barbadensis* Miller” fue adquirida del distrito de “San Juan” provincia “Cajamarca”:

Coordenadas: 7°17'30"S (latitud sur) y 78°29'52"O (longitud oeste).

Altitud: 2224 m.s.n.m.

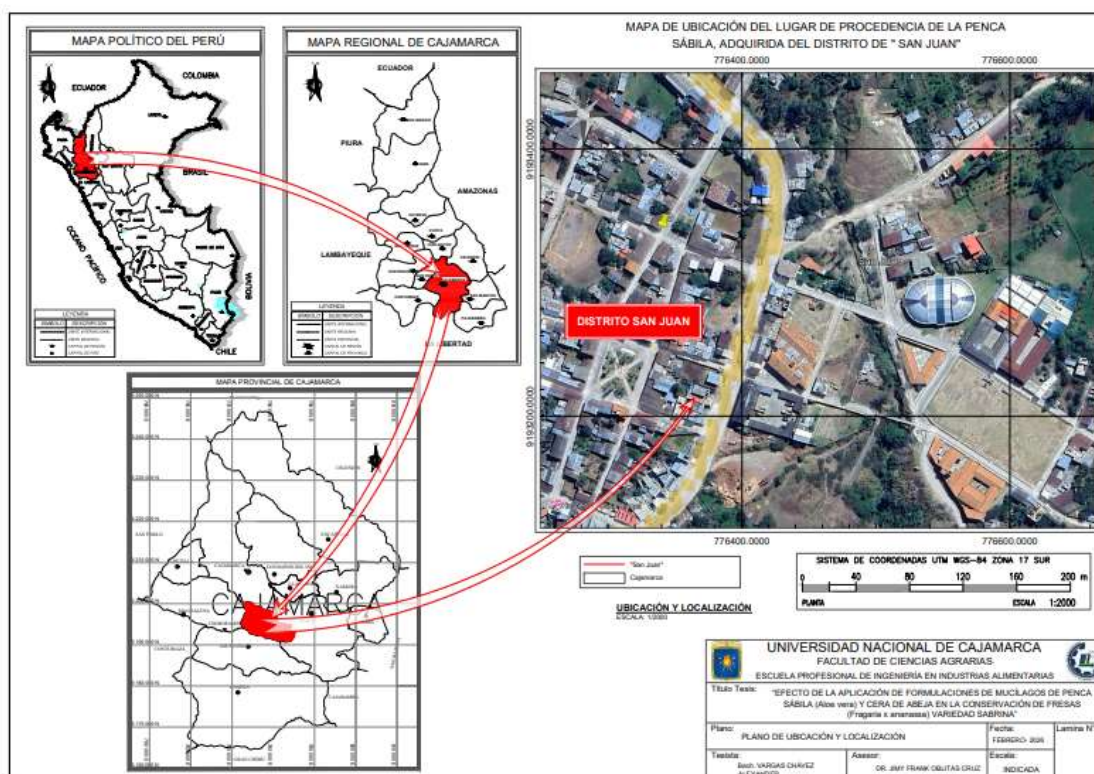
Temperatura: 11°C – 21°C

Precipitación: 50.4%

Humedad: 90%

Figura 6

Mapa de ubicación del distrito de “San Juan” – Cajamarca, lugar de procedencia de la penca sábila variedad “*Aloe barbadensis* Miller”



Nota. En la imagen se muestra el mapa de ubicación del distrito de “San Juan” provincia de “Cajamarca”, lugar de procedencia de la penca sábila variedad “*Aloe barbadensis* Miller” (Elaboración propia).

3.2. Materia prima e insumos

- 13 kg de fresa variedad (Sabrina) adquirida del centro poblado “El Tambo”; provincia “Hualgayoc”; distrito “Bambamarca” provincia “Cajamarca”.
- 12 kg de penca sábila adquirida del distrito de “San Juan” provincia “Cajamarca”.
- 200 g de cera de abeja adquirida de la ciudad de Lima.

3.2.1. Materiales y equipo de laboratorio

a) Materiales para el procesamiento

- Agua destilada – marca (ALKOFARMA)
- Agitador magnético
- Balanza gramera – marca (CAMRY ISSO 9001:2000 CERTIFIED BY SGS)
- Balanza de platillos – marca (METTLER TOLEDO CLASSIC AB204-S)
- Bagueta de vidrio
- Baldes de plástico de 5, 10 y 20 litros – marca (REY)
- Bandejas rectangulares de plástico – marca (PAMOLSA)
- Bureta de 50 ml – marca (GERMANY)
- Cocina industrial – marca (SURGE)
- Coladores de metal y de plástico
- Cucharas de acero inoxidable
- Cucharas de madera para agitación de mezcla
- Cuchillos de acero inoxidable – marca (STAINLESS STEEL)
- Detergente en polvo – marca (SAPOLIO)
- Envases rectangulares de plástico transparentes de 100 g y 500 g – marca (PAMOLSA)
- Fósforo – marca (LLAMA)
- Gas – marca (CAXAGAS)
- Jarras de plástico de 1litro
- Lavavajilla – marca (AYUDIN)
- Licuadora industrial – marca (ETDISA)
- Matraz volumétrico de 500ml marca – (SCHOTT DURAN)
- Papel de aluminio – marca (ALUMINIUM FOIL)
- Papel toalla absorbente – Paracas
- Pipetas PYREX (1 y 10ml)
- Probeta de 500ml
- Pinzas de acero inoxidable

- Refrigeradora – marca (LABTRON)
- Strech film – marca (U-THIL FILM)
- Tazones de plástico y de acero inoxidable
- Vasos de precipitado (beakers de vidrio) de 100ml y 500ml

b) Materiales y equipos para el análisis fisicoquímico

- Agua destilada – marca (ALKOFARMA)
- Balanza analítica – marca (QC. PASS. JH)
- Equipo de titulación – marca (HANNA)
- pH metro – marca (HANNA)
- Termómetro de canastilla – marca (TP300)
- Refractómetro – marca (ATAGO POCKET B532276)

c) Reactivos

- Alcohol de 96° - marca (ALKOFARMA)
- Glicerol – marca (DIVINA OLIVA)
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N.
- Hipoclorito de sodio – marca (CLOROX)
- Polisorbato – marca (DIVINA OLIVA)
- Tween 80 – marca (DIVINA OLIVA)

d) Otros materiales

- Celular con cámara digital – marca (SAMSUNG)
- Cuaderno de apuntes
- Guantes quirúrgicos
- Hojas bond – marca (ATLAS)
- Fotocopias
- Impresiones
- Lapiceros – marca (PILOT)
- Laptop – marca (ASUS)
- Malla cobre pelo
- Mandil
- Mascarilla
- USB – marca (KINGSTON)

3.3. Métodos de análisis

La evaluación de los análisis físicoquímicos y microbiológicos de las muestras de fresa recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja, se efectuaron luego de haber transcurrido nueve (9) días de almacenamiento refrigerado (4°C) los que se citan a continuación:

A. Análisis físicoquímicos:

a) Sólidos solubles (°Brix)

Se extrajo el jugo de cada uno de diez frutos por bandeja de c/u de los tratamientos, la medición se efectuó con un refractómetro manual, expresando los resultados en °Brix (Duran et al., 2016).

b) pH

Se utilizó el jugo de diez frutos por c/u de los tratamientos, la medición y evaluación se efectuó con un potenciómetro (Jiang et al., 2020).

c) Acidez titulable:

Según el método: AOAC 981.12. 2019 se colocó la muestra en un vaso de precipitados, se adicionó de 3 a 4 gotas de fenolftaleína como indicador. La mezcla se homogenizó con un agitador magnético y se realizó la titulación con NaOH al 0.1N hasta que se observó un viraje en el color de la solución. Se anotó el valor de gasto obtenido de NaOH (Ban et al., 2020) y (Jiang et al., 2020).

La acidez titulable se expresó como el porcentaje de ácido cítrico contenido en el zumo de fresas con recubrimiento comestible y se calculó usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Ácido cítrico} = \frac{V1 * N1 * Peq}{Peso} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V1 = Volumen de NaOH gastado (ml)

N1 = Normalidad de NaOH (0.1N)

Peso = Peso de la muestra

Peq = 0,06404 g de ácido cítrico anhidro. (Peso equivalente del ácido en términos del cual se expresa la acidez).

d) Pérdida de peso del fruto:

Se determinó por gravimetría mediante la diferencia entre pesos de una muestra de 10 frutos. Se tomó el peso inicial (P_i) menos el peso del fruto al final (P_f) del almacenamiento (Ramírez, 2022), (Hernández et al., 2018) y (Jiang et al., 2020). Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso (% PP) y se calcularon usando la ecuación 2:

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

B. Análisis microbiológico:

Se realizó un análisis microbiológico a la muestra que obtuvo las mejores características físicoquímicas a los 9 días de almacenamiento a temperatura refrigerada (4°C). Este análisis se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Cajamarca. Los cultivos realizados serán: *Aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*; de acuerdo con los REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DS N° 007-98-SA, RM N° 591-2008 SA/DM REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA FRUTAS, HORTALIZAS, FRUTOS SECOS Y SIMILARES: Frutas y hortalizas frescas semiprocessadas (ANEXO V).

3.4. Metodología experimental

Tabla 4

Metodología experimental

De acuerdo al tipo orientación	De acuerdo a la técnica de contrastación
APLICADA	DISEÑO EXPERIMENTAL
Busca convertir las teorías, en un conocimiento y experiencia práctica y útil para la sociedad.	Permite valorar las causas y los efectos que tiene una variable sobre otra dentro de una investigación experimental.

Nota. En la tabla se describe la metodología experimental, de acuerdo al tipo de orientación (aplicación) y de acuerdo a la técnica de contrastación (diseño experimental).

3.5. Variables de estudio

3.5.1. Variable independiente

- **Formulaciones de recubrimiento comestible:**

- **Mucílago de penca sábila (%):**

T₁: 25%; T₂: 50% y T₃: 75%

- **Cera de abeja (%):**

T₁: 1%; T₂: 2% y T₃: 3%

Nota. Las formulaciones de recubrimientos comestibles tanto de mucílago de penca sábila y para cera de abeja se tomaron de referencia de las investigaciones de: Ramírez (2022), Cano y Corales (2024), López et al. (2022), Atencia (2023), Palomino (2022) y Villegas (2022).

3.5.2. Variable dependiente

- **Análisis fisicoquímico:**

- Sólidos solubles (°Brix)
- pH
- Acidez titulable (%)
- Pérdida de peso del fruto (%)

- **Análisis microbiológico:** (realizado a la muestra que obtuvo las mejores características físicoquímicas).

3.6. Unidad de análisis, población y muestra de estudio

3.6.1. Unidad de análisis

En la unidad de análisis se utilizaron fresas y pencas sábila de acuerdo a criterios de calidad, es decir frescos y en óptimas condiciones.

3.6.2. Población

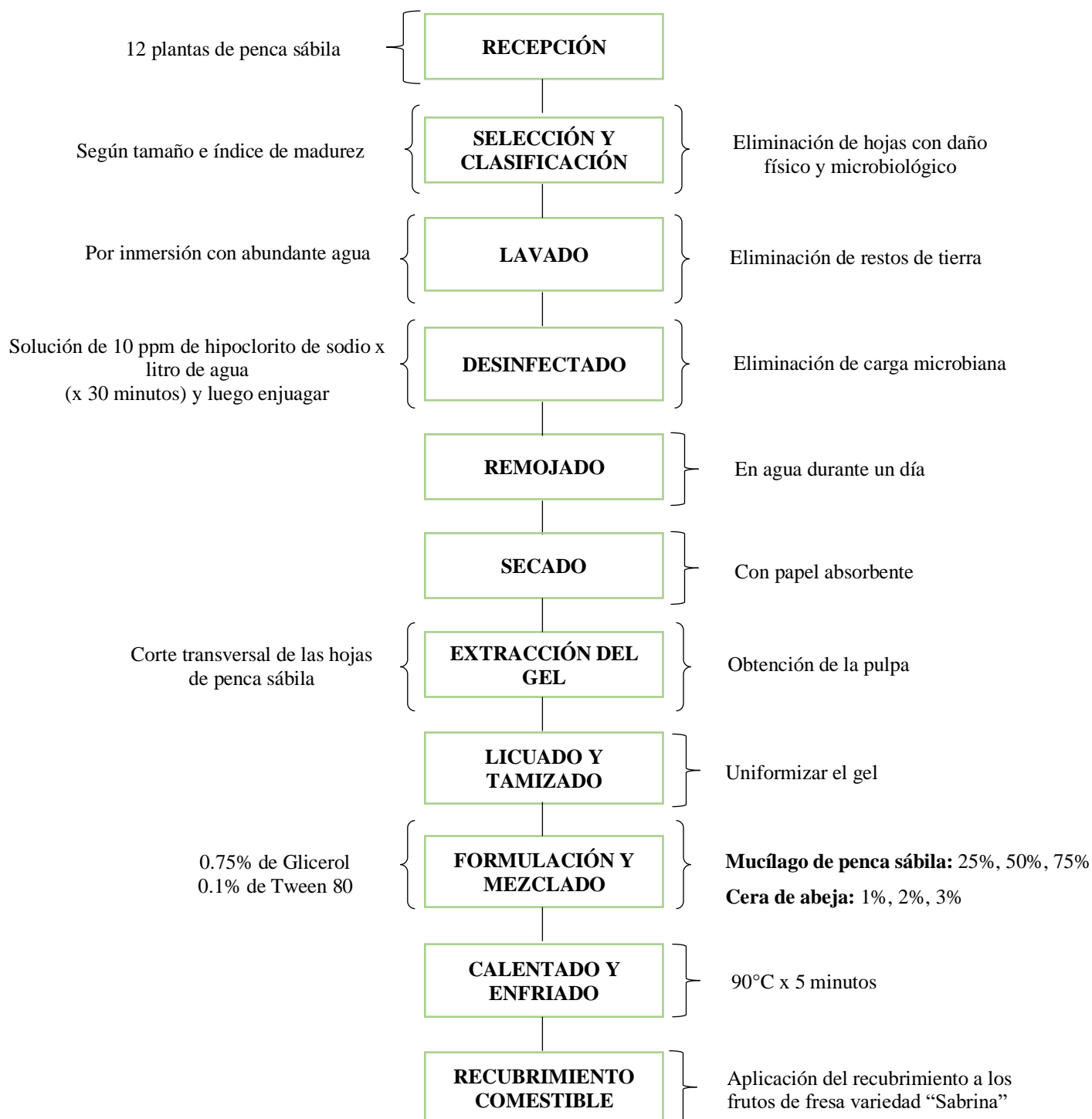
Para la población se utilizaron fresas variedad “Sabrina” (13kg) adquirida del distrito de Bambamarca provincial de Hualgayoc perteneciente a la región Cajamarca, pencas sábila variedad “*Aloe barbadensis* Miller” (10kg) adquiridas del distrito de San Juan y cera de abeja (200g) adquirida de la ciudad de Lima.

3.6.3. Muestra de estudio

Las muestras de estudio fueron un total de ciento ocho (108) bandejas con doce (12) fresas por cada bandeja para cada uno de los nueve (9) tratamientos elaborados con diferentes concentraciones de mucílago de penca sábila y cera de abeja, estas muestras se utilizaron realizar el análisis físicoquímico de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable (%) y pérdida de peso (%) y para realizar el análisis microbiológico de la muestra que obtuvo las mejores características físicoquímicas.

Figura 7

Flujograma – Elaboración de recubrimiento comestible a base de mucílago de penca sábila y cera de abeja



Nota. En la figura se observa el flujograma para la elaboración del recubrimiento comestible a base de mucílago de penca sábila y cera de abeja; adaptado de (Navarro, 2023).

3.7. Proceso de elaboración del recubrimiento de penca sábila y cera de abeja

1. **Recepción:** Se recolectaron 12 plantas de penca sábila frescas y sin daño físico o microbiológico, procedentes del distrito de “San Juan” - Cajamarca”, luego se trasladaron al laboratorio de “Frutas de hortalizas” de E.P. IIA (Aguilar, 2023).

Figura 8

Recepción



Nota. En la figura se muestra la etapa de recolección de las pencas sábilas.

2. **Selección y clasificación:** Las hojas se seleccionaron de forma homogénea y representativa en cuanto forma, peso, tamaño y color desechándose aquellas con daños u otras alteraciones (Ahorini, 2022).

Figura 9

Selección



Nota. En la figura se observa la etapa de la selección y clasificación.

- 3. Lavado:** Esta etapa se realizó el lavado manual con abundante agua con la finalidad de eliminar impurezas como restos de tierra (Álvarez y Varón, 2021).

Figura 10

Lavado



Nota. En la figura se observa la etapa del lavado.

- 4. Desinfectado:** para la desinfección de penca sábila se utilizó una solución de 10 ppm de hipoclorito de sodio diluidos en 1 litro de agua, dejando actuar x 30 minutos con el fin de disminuir la carga microbiana y seguidamente se enjuagó con abundante agua (Alves, Pérez, Estepa y Micol, 2022).

Figura 11

Desinfectado



Nota. En la figura se observa el desinfectado de la penca sábila.

- 5. Remojado de las pencas:** Se retiraron las espigas laterales y se colocaron las pencas en un recipiente con agua y se remojaron por (1 día) cambiando el agua cada ciertas horas para que la aloína se desprenda por completo, se verificó esta eliminación al observar que el agua se puso amarillenta o rojiza y se continuó cambiando el agua hasta que esté totalmente limpia e incolora (Atencia, 2023).

Figura 12

Remojado de las pencas



Nota. En la figura se observa la etapa de remojado de las pencas.

- 6. Cortado en trozos:** Se cortaron en trozos de regular tamaño de 6 cm de ancho dejando expuesto el gel en ambos lados de la penca (Bertuzzi, 2022).

Figura 13

Cortado en trozos



Nota. En la figura se observa la etapa de cortado en trozos de las pencas.

- 7. Extracción del mucílago de penca sábila:** Se realizó de forma manual haciendo uso de un cuchillo de acero inoxidable para abrir en su totalidad a la penca y luego usando una cuchara extraer el mucílago gel (Barahona, Flores, y Rosero, 2023).

Figura 14

Extracción del mucílago de penca sábila



Nota. En la figura se observa la etapa de la extracción del mucílago de penca sábila.

- 8. Licuado y tamizado:** En una licuadora industrial, se licuó el gel de penca sábila obtenido, por dos minutos para uniformizar el gel. Luego se tamizó para eliminar los residuos que hubiesen quedado en el proceso de extracción (Beltrán, 2021).

Figura 15

Licuado y tamizado



Nota. En la figura se observa la etapa del licuado del gel de penca sábila.

- 9. Formulación y mezclado:** Se preparó 1500 ml de solución con concentraciones de mucílago de penca sábila de: 25 %, 50% y 75%, con cera de abeja refinada adquirida de la ciudad de Lima, en concentraciones de: 1%, 2% y 3%, se adicionó: 0.75% de glicerol o glicerina como plastificante y 0.1% de Tween 80 como emulsionante/solubilizante (Restrepo y Aristizábal 2021).

Figura 16

Formulación y mezclado



Nota. En la figura observa la etapa de la formulación y mezclado.

- 10. Calentado y enfriado:** Los diferentes tratamientos se calentaron por encima del punto de fusión de la cera, 90 °C durante cinco (5) minutos, luego se procederá al enfriamiento hasta alcanzar 25 °C (Gómez, 2022).

Figura 17

Calentado del recubrimiento



Nota. En la figura se observa la etapa del calentado del recubrimiento.

11. Recubrimiento comestible: Una vez obtenido los recubrimientos comestibles se aplicaron por inmersión a los frutos de fresa formando una capa delgada sobre el fruto que le otorgue protección y una buena apariencia en la fruta (Cano y Corales, 2024).

Figura 18

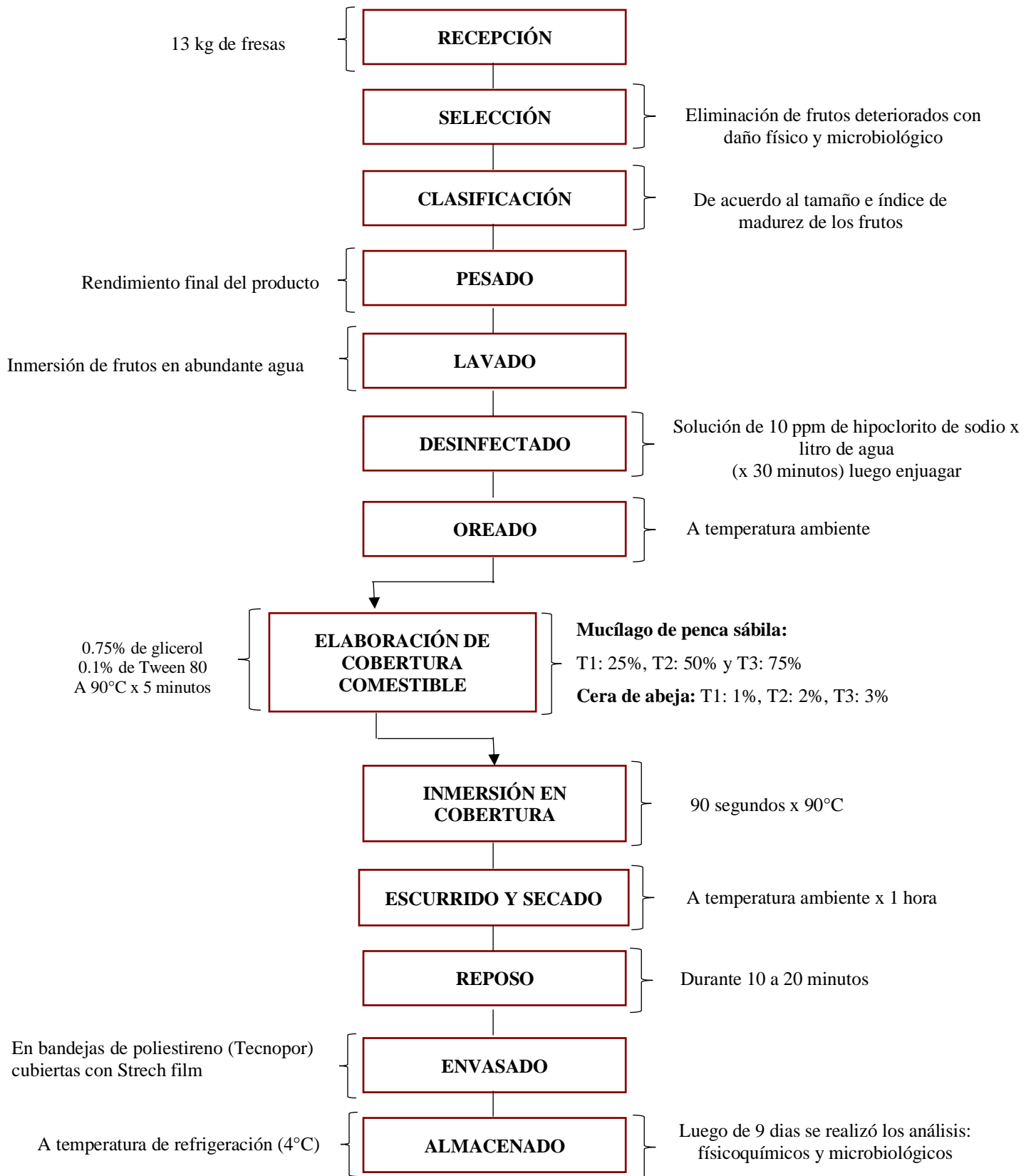
Recubrimiento comestible



Nota. En la figura se observa la imagen del recubrimiento comestible obtenido.

Figura 19

Flujograma para fresas recubiertas de mucílago de penca sábila y cera de abeja



Nota. En la figura se observa el flujograma para fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja; adaptada de Vásquez (2019).

3.8. Proceso de aplicación del recubrimiento en fresa variedad (Sabrina)

1. **Recepción:** Se recepcionó 13 kg de fresa variedad “Sabrina” procedentes del centro poblado: “El Tambo” Hualgayoc - Bambamarca, region Cajamarca, luego se trasladaron al laboratorio de “Frutas y Hortalizas” (Jiménez, 2022).

Figura 20

Recepción



Nota. En la figura se observa la etapa de recepción de materia prima

2. **Selección y clasificación:** Se seleccionaron frutos en buen estado eliminando los frutos deteriorados con daño físico y microbiológico; y la clasificación se realizó según tamaño, color, firmeza homogénea y diámetro (Rosen y Kader, 2019).

Figura 21

Selección y clasificación



Nota. En la figura se observa la etapa de selección y clasificación de fresas.

3. **Pesado:** Esta etapa se realizó una balanza gramera, permitiendo un control más efectivo del proceso productivo, identificando problemas como el desperdicio de fruta (González, 2021).

Figura 22

Pesado de materia prima



Nota. En la figura se observa la etapa del pesado de la fresas.

4. **Lavado:** Se retiraron las hojas de los frutos y se sumergieron a un lavado con agua potable por inmersión con la finalidad de eliminar impurezas superficiales de la materia prima como restos de polvo o tierra (Forney, Kalt, y Jordan, 2022).

Figura 23

Lavado



Nota. En la figura se observa la etapa del lavado de materia prima

- 5. Desinfectado:** Se desinfectaron las fresas utilizando una solución de 10 ppm de hipoclorito de sodio diluidos en 1 litro de agua dejando actuar x 30 minutos, luego se enjuagaron con agua potable (García, y Aguilera, 2021).

Figura 24

Lavado y desinfectado



Nota. En la figura se observa la etapa del lavado y desinfectado de las fresas.

- 6. Oreado y secado:** Se realizó a temperatura ambiente utilizando papel absorbente para secar totalmente los frutos con la finalidad de permitir la adherencia del recubrimiento en las fresas (Hardenburg, Watada, y Wang, 2021).

Figura 25

Oreado y secado



Nota. En la figura se observa la etapa de oreado y secado de los frutos.

7. Elaboración de recubrimiento comestible:

Se elaboró el recubrimiento comestible empleando diferentes concentraciones de mucílago de penca sábila (25%, 50%, y 75%), cera de abeja (1%, 2 % y 3 %), se agregó 0.75 % glicerol y 0.1 % Tween 80 (polisorbato). Una vez incorporados todos los ingredientes se obtuvo el recubrimiento comestible para ser utilizado y aplicado en los frutos de fresa. Se elaboró un total nueve (9) formulaciones (tratamientos) (Kader, 2022).

A continuación en la tabla 5 se describe las formulaciones del recubrimiento comestible establecidas para los nueve tratamientos en estudio:

Tabla 5

Formulaciones para elaboración de recubrimientos comestibles

Tratamientos	Mucílago de penca sábila (%)	Cera de abeja (%)	Glicerol (%)	Tween 80 (%)
T1	25%	1%	0.75%	0.1%
T2	25%	2%	0.75%	0.1%
T3	25%	3%	0.75%	0.1%
T4	50%	1%	0.75%	0.1%
T5	50%	2%	0.75%	0.1%
T6	50%	3%	0.75%	0.1%
T7	75%	1%	0.75%	0.1%
T8	75%	2%	0.75%	0.1%
T9	75%	3%	0.75%	0.1%

Nota. En la tabla se describe las formulaciones para la elaboración del recubrimiento comestible.

Figura 26

Elaboración de recubrimiento comestible



Nota. En la figura se observa la etapa de elaboración del recubrimiento comestible.

- 8. Inmersión:** Con la ayuda de una pinza de metal las fresas fueron sumergidas en el recubrimiento durante 30 segundos a una temperatura de 30°C de acuerdo a cada uno de los nueve (9) tratamientos establecidos en el esquema experimental (Min, Giognian, Jian, y Vilas, 2021).

Figura 27

Immersion de los frutos de fresa



Nota. En la figura se observa la etapa de inmersión de los frutos en el recubrimiento.

- 9. Escurrir y secar:** Se secaron los frutos de fresa a temperatura ambiente ya que un exceso de humedad provocar daños en los frutos, un secado total del producto, mejora y garantiza la calidad del mismo. Los frutos reposaron sobre papel aluminio durante 10 a 20 minutos (Sanz, Olías, y Perez, 2019).

Figura 28

Escurrir y secar de los frutos



Nota. En la figura se observa a las fresas reposando sobre papel aluminio

- 10. Envasado:** Las fresas se envasaron en bandejas rectangulares de polipropileno (PP) cubiertas con stretchfilm alimentario, se pesaron los envases con la fruta para determinar el peso inicial de la fruta y poder evaluar las pérdidas al finalizar el experimento (Núñez, Castellano, Ramírez, Sindoni, y Marín, 2022).

Figura 29

Envasado



Nota. En la figura se muestra la etapa del envasado.

11. Almacenado: Se almacenaron las muestras de fresas a temperatura refrigerada de 4°C y luego de 9 días se realizó el análisis fisicoquímico donde se evaluó (sólidos solubles °Brix, pH, acidez titulable % y pérdida de peso %) y también se realizó un análisis microbiológico a la muestra que obtuvo las mejores características físicoquímicas en donde se evaluó (*Aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*) (Castillo, 2022).

Figura 30

Almacenado



Nota. En la figura se observa la etapa de almacenado en refrigeración de las muestras.

3.9. Factores de estudio

Tabla 6

Factores de estudio “Fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja”

Factor A	
Formulaciones de recubrimiento comestible	Mucílago de penca sábila (%)
A ₁	25%
A ₂	50%
A ₃	75%
Factor B	
Formulaciones de recubrimiento comestible	Cera de abeja (%)
B ₁	1%
B ₂	2%
B ₃	3%

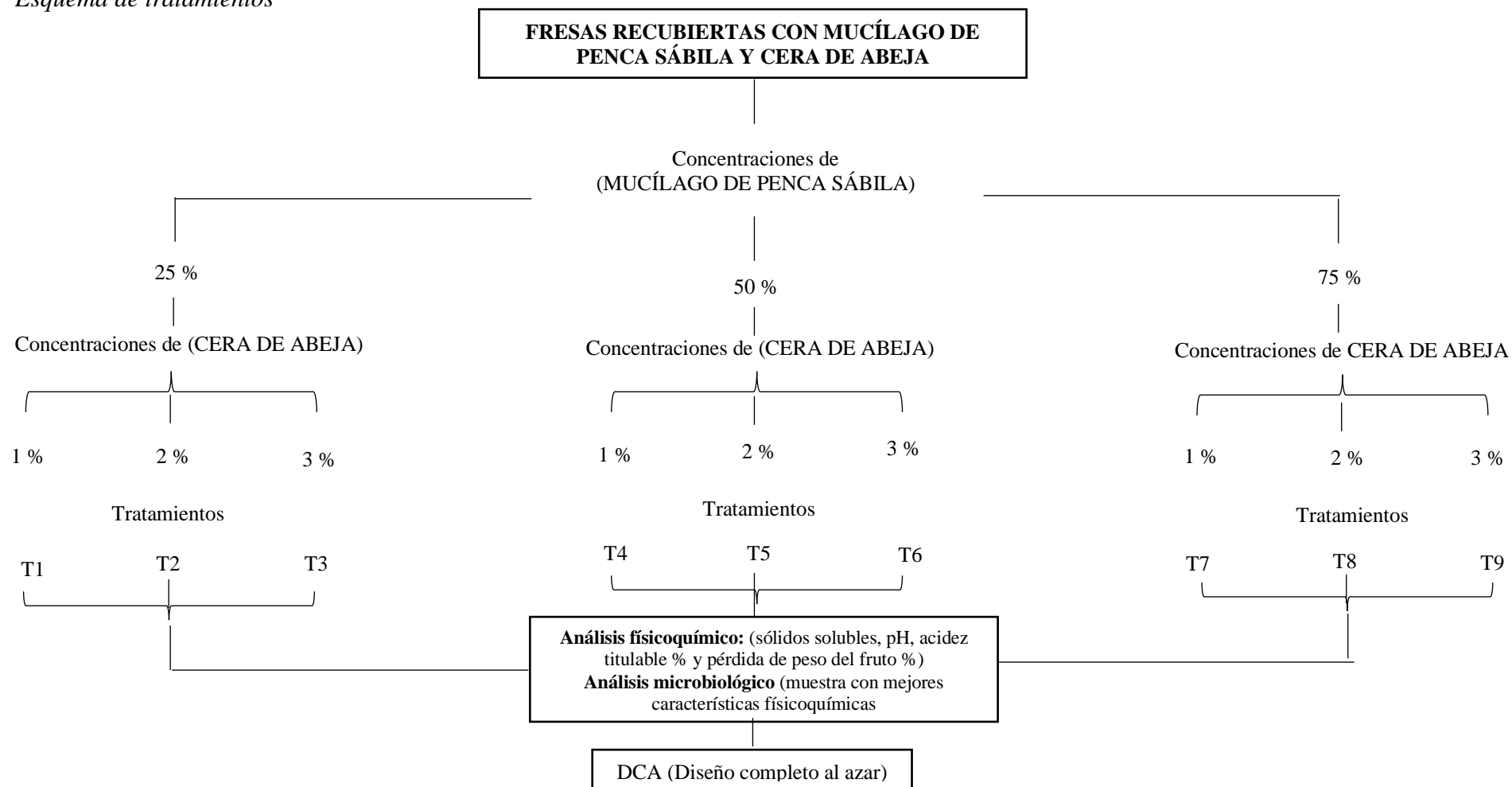
Nota. En la tabla se muestra los factores de estudio para esta investigación: donde el factor A correspondió a las formulaciones del mucílago de penca sábila y el factor B correspondió a las formulaciones de la cera de abeja.

3.10. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres (3) repeticiones y estructura factorial 3A x 3B. El primer factor (A) correspondió a las formulaciones de mucílago de penca sábila: (a₁=25%, a₂=50%, a₃= 75%). El factor B correspondió a las formulaciones de cera de abeja: (b₁= 1%, b₂= 2% b₃= 3%) con 3 repeticiones respectivamente.

Figura 31

Esquema de tratamientos



Nota. En la figura se muestra el esquema de tratamientos establecidos para esta investigación, donde se detalla las concentraciones de penca sábila y cera de abeja, adaptado de Alcántara (2022).

3.11. Modelo estadístico

En nuestra investigación se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

Donde;

$$Y_{ijk} = \text{Respuesta}$$

$$\mu = \text{Efecto medio}$$

$$\alpha_i = \text{Efecto verdadero del } i\text{-ésimo nivel del factor A}$$

$$\beta_j = \text{Efecto verdadero del } j\text{-ésimo nivel del factor B}$$

$$(\alpha\beta)_{ij} = \text{Efecto verdadero de la interacción}$$

$$\varepsilon_{ijk} = \text{Error experimental}$$

Los factores y los correspondientes niveles son:

- **Factor A: Formulaciones de mucilago de penca sábila (%)**

Nivel $a_1 = 25\%$

Nivel $a_2 = 50\%$

Nivel $a_3 = 75\%$

- **Factor B: Formulaciones de cera de abeja (%)**

Nivel $b_1 = 1\%$

Nivel $b_2 = 2\%$

Nivel $b_3 = 3\%$

3.12. Análisis de varianza

Tabla 7

Análisis de varianza para factorial de 2 factores (A y B) en un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F
			Modelo I
Tratamientos	$(t - 1) :$	8	
A	$(a - 1):$	2	$\frac{CM_{(A)}}{CM_{error}}$
B	$(b - 1) :$	2	$\frac{CM_{(B)}}{CM_{error}}$
A B	$(a - 1)(b - 1):$	4	$\frac{CM_{(AB)}}{CM_{error}}$
Error	$ab(n-1)$	27	
Total	$abn - 1$	35	

Nota. En la tabla se describe la fuente de variación, grados de libertad, y suma de cuadrados, tratamientos y modelo estadístico.

3.13. Matriz de tratamientos

Tabla 8

Matriz de tratamientos

Unidades experimentales	Tratamientos	Niveles (Combinaciones)	Factor A Mucílago de penca sábila (%)	Factor B Cera de abeja (%)	Repeticiones
1	T ₁	a ₁ b ₁	25%	1%	3
2	T ₂	a ₁ b ₂	25%	2%	3
3	T ₃	a ₁ b ₃	25%	3%	3
4	T ₄	a ₂ b ₁	50%	1%	3
5	T ₅	a ₂ b ₂	50%	2%	3
6	T ₆	a ₂ b ₃	50%	3%	3
7	T ₇	a ₃ b ₁	75%	1%	3
8	T ₈	a ₃ b ₂	75%	2%	3
9	T ₉	a ₃ b ₃	75%	3%	3

Nota. En la tabla se describe la matriz de tratamientos; donde el factor (A) corresponde a la formulación de mucílago de penca sábila: (a₁= 25%, a₂= 50%, a₃= 75%) y el factor (B) corresponde a la formulación de cera de abeja: (b₁= 1%, b₂= 2%, b₃= 3%) con tres repeticiones y con un total de nueve (9) unidades experimentales.

3.14. Trabajo de gabinete

Los datos para nuestra investigación de “Fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja” fueron tabulados, luego se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de las diferencias significativas entre tratamientos (combinación de factores); posteriormente se realizó la prueba de rango múltiple de tukey al 5% de probabilidad para el factor significativo.

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Sólidos solubles (°Brix) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

En la tabla 9 se presentan los resultados promedio para sólidos solubles en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja, datos tomados después de los 9 días de almacenamiento a temperatura refrigerada (4°C):

Tabla 9

Promedios de sólidos solubles (°Brix) en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

TRATAMIENTOS	MUCÍLAGO DE PENCA SÁBILA (%)	CERA DE ABEJA (%)	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)
T ₁	25%	1%	6.10
T ₂	25%	2%	6.21
T ₃	25%	3%	6.26
T ₄	50%	1%	5.56
T ₅	50%	2%	5.73
T ₆	50%	3%	5.97
T ₇	75%	1%	6.25
T ₈	75%	2%	6.76
T ₉	75%	3%	6.93

Nota. En la tabla se observa que el mayor valor de sólidos solubles fue 6.93°Brix ubicado en T9 con (75%) mucílago de penca sábila y (3%) cera de abeja y el menor valor de solubles fue 5.56°Brix ubicado en T4 con (50%) mucílago de penca sábila y (1%) cera de abeja. Datos completos en el (ANEXO I).

Tabla 10

Análisis de varianza para sólidos solubles en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

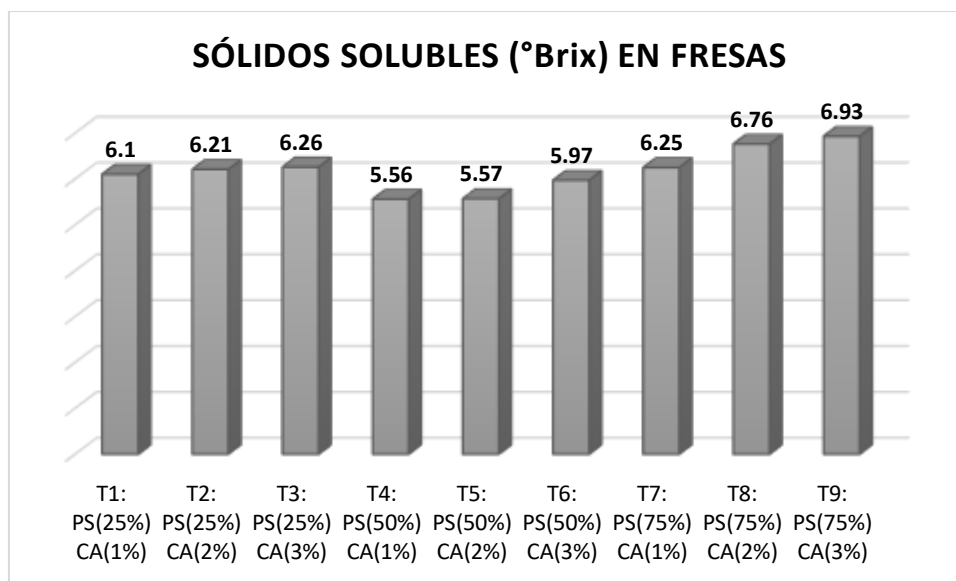
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Mucílago de penca de sábila	2	29.649	14.8245	9.24	0.000
B: Cera de abeja	2	15.653	7.8264	4.88	0.009
AB: Mucílago de penca sábila*Cera de abeja	4	13.271	3.3178	2.07	0.090
Error	108	173.200	1.6037		
Total	161				

Nota. La tabla se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para sólidos solubles se observa que el factor A (Mucílago de penca de sábila), el factor B (Cera de abeja) fueron significativos ($p < 0.05$), mientras que la interacción de los factores AB (Mucílago de penca sábila*Cera de abeja) no fueron significativos ($p > 0.05$) es decir que no producen efectos en las muestras de fresa.

Las concentraciones de penca sábila como recubrimiento en fresas y su efecto en sólidos solubles (°Brix), influyen conservando el dulzor natural de la fresa sin aumentar la acidez excesiva, actúa como barrera física, limita la pérdida de agua y oxígeno, ralentiza la respiración y el metabolismo de la fruta, genera una mayor firmeza, reduce el ablandamiento, retiene el color, alarga su vida útil y prolonga la frescura de la fresa. Las concentraciones de cera de abeja como recubrimiento en fresas y su efecto en sólidos solubles (°Brix) influyen preservan los azúcares naturales frenando la maduración y el metabolismo evitando la pérdida de humedad, reduciendo la pérdida de peso, mantiene la firmeza, el color, extendiendo la vida útil al controlar la respiración. La cera de abeja forma una capa semipermeable que reduce la transpiración y la pérdida de agua, manteniendo la turgencia de la fruta al reducir el intercambio gaseoso.

Figura 32

Sólidos solubles en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja



Nota. En la figura se observa los resultados para sólidos solubles, donde la mayor concentración fue de 6.93°Brix, la cual se encuentra en las muestras de fresas con recubrimiento comestible que emplearon el tratamiento “T9” elaborado con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja.

Restrepo y Aristizábal (2021) en sus resultados para fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera carnauba presentaron valores de 7.22 °Brix y 7.80 °Brix. Joo et al. (2021) encontró valores de sólidos solubles (6.8°Brix) lo que contribuye a su dulzura y sabor, los recubrimiento de aloe vera y cera de abeja reducen la pérdida de humedad, lo que a su vez puede ayudar a mantener la concentración de sólidos solubles (°Brix): sabiendo que el nivel de sólidos solubles debe oscilar entre 6.8°Brix. Los resultados antes mencionados se asemejan a los de nuestra investigación donde se obtuvo 6.93°Brix en “T9” con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja. Podemos afirmar también que se encuentran dentro del rango establecido, además que el nivel de sólidos solubles se le atribuye también a que las fresas mientras más maduras tienden a tener un mayor contenido de sólidos solubles; el tipo de variedad es otro factor influyente ya que diferentes variedades de fresa pueden tener diferentes niveles de sólidos solubles; otros factores pueden ser las condiciones de cultivo, como el clima y el tipo de suelo. Una buena opción para retrasar el proceso de senescencia de la fruta al crear una atmósfera modificada retrasando el metabolismo de los sólidos solubles totales por medio de la disminución en pérdida de agua y control del transporte de gases (Buzeta, 2021).

4.2. pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

En la tabla 11 se presentan los resultados promedio para pH en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja, datos tomados después de los 9 días de almacenamiento a temperatura refrigerada (4°C):

Tabla 11

Promedios de pH en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

TRATAMIENTOS	MUCÍLAGO DE PENCA SÁBILA (%)	CERA DE ABEJA (%)	pH
T ₁	25%	1%	3.30
T ₂	25%	2%	3.36
T ₃	25%	3%	3.36
T ₄	50%	1%	3.40
T ₅	50%	2%	3.43
T ₆	50%	3%	3.33
T ₇	75%	1%	3.40
T ₈	75%	2%	3.46
T ₉	75%	3%	3.20

Nota. En la tabla se observa que el menor valor de pH fue 3.20 ubicado en T9 con (75%) mucílago de penca sábila y (3%) cera de abeja. Datos completos en el (ANEXO II).

Tabla 12

Análisis de varianza para pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

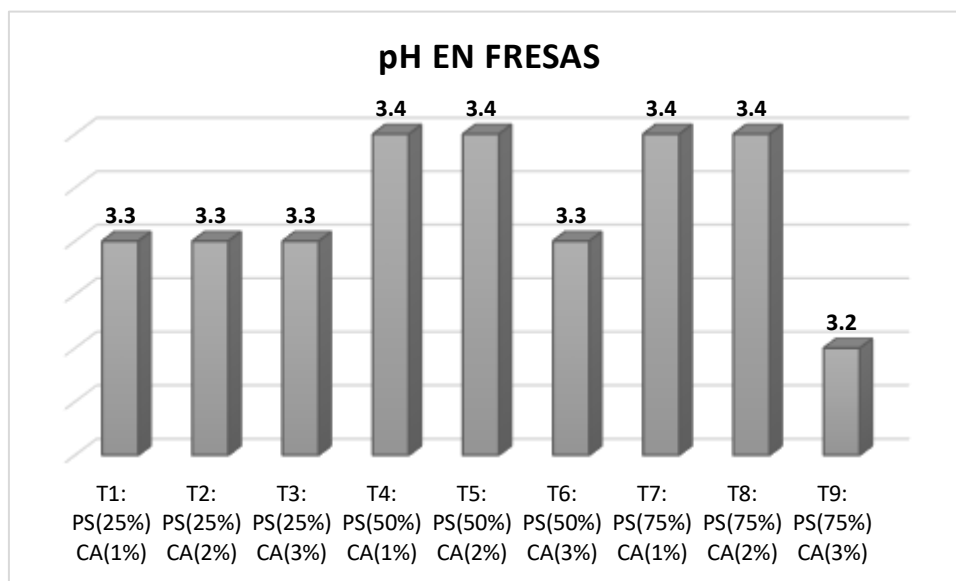
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Mucílago de penca de sábila	2	1.0260	0.51301	3.42	0.036
B: Cera de abeja	2	1.4475	0.72375	4.83	0.010
AB: Mucílago de penca sábila*Cera de abeja	4	1.2388	0.30970	2.06	0.090
Error	108	16.1976	0.14998		
Total	161	37.5403			

Nota. La tabla se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para pH se observa que el factor A (Mucílago de penca de sábila), el factor B (Cera de abeja) fueron significativos ($p < 0.05$) es decir que producen efectos en las muestras de fresa; mientras que la interacción de los factores AB (Mucílago de penca sábila*Cera de abeja) no fueron significativos ($p > 0.05$) es decir que no producen efectos en las muestras de fresa.

Las concentraciones de penca sábila como recubrimiento en fresas y su efecto en el pH actúa como barrera semipermeable retrasando el incremento del pH, las mayores concentraciones de sábila mantienen niveles de pH más bajos y estables, reducen la tasa de respiración y el intercambio de oxígeno. Cuando el nivel de pH del gel de sábila el cual oscila entre 4.5 y 5.5 ofrece una reducción de pérdida de peso y evita la deshidratación severa del fruto. El recubrimiento con penca sábila protege a la fresa contra el hongo *Botrytis cinerea* y reduce el recuento de mohos y levaduras. Las concentraciones de cera de abeja como recubrimiento en fresas y su efecto en pH: actúan como barrera de intercambio gaseoso que retrasa los procesos metabólicos de maduración, minimiza las variaciones de pH durante el almacenamiento en comparación con frutos sin tratar, se ralentiza el consumo de ácidos orgánicos. A un pH más bajo se reduce la tasa respiratoria, la fruta se estabiliza por más tiempo preservando su frescura sensorial. La cera de abeja pura posee un pH de 9.5, por lo que al integrarse a la matriz del recubrimiento debe ser cuidadosamente formulada para no alterar negativamente la superficie ácida de la fresa, cuyo valor de pH ideal es de (5.5 – 6.5).

Figura 33

pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja



Nota. En la figura se observa los resultados para pH, donde el menor valor fue 3.2 el cual se encuentra en las muestras de fresas con recubrimiento comestible que emplearon el tratamiento “T9” elaborado con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja.

Vásquez (2019) encontró en T4 (25 % de gel de penca sábila con 2% de cera de abeja) y T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) pH de 3.20 a los nueve (9) días de almacenamiento. Galleta et al. (2020) encontró valores de pH de 3.0 y 3.4. Gonzáles (2021) señala que a un mayor pH muestran un mayor deterioro los frutos de mora, uvilla y frutilla. Restrepo y Aristizábal (2021) para pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de carnauba almacenadas a los 10 días en refrigeración a 5°C encontraron pH 3.35. Estos resultados tienen similitud con los obtenidos en nuestra investigación donde el menor valor de pH fue 3.2 en “T9” con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja. El *aloe vera* tiene un pH de 4.5 a 5.5 este pH mantiene la calidad y la frescura de las fresas recubiertas, la cera de abeja tiene un pH de 6.5 por lo que no altera el pH de las fresas recubiertas, las fresas son frutas ácidas con un pH entre 3.2 y 3.6 debido a la presencia de ácidos orgánicos en la fruta, como el ácido cítrico y el ácido málico; mantener el pH dentro del rango protege a las fresas de la deshidratación, la pérdida de peso y la oxidación prolongando su vida útil, la penca sábila aporta propiedades antimicrobianas, la cera de abeja ayuda a crear una barrera protectora y a mejorar la apariencia de las fresa (Galleta et al., 2020). El pH de las fresas contribuye en su sabor agrio o ácido, el pH puede afectar la vida útil de las fresas (Joo et al., 2021).

4.3. Acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

En la tabla 13 se presentan los resultados promedio para acidez titulable en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja, datos tomados después de los 9 días de almacenamiento a temperatura refrigerada (4°C):

Tabla 13

Promedios de acidez titulable (%) en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

TRATAMIENTOS	MUCÍLAGO DE PENCA SÁBILA (%)	CERA DE ABEJA (%)	ACIDEZ TITULABLE (%)
T ₁	25%	1%	0.49 %
T ₂	25%	2%	0.46 %
T ₃	25%	3%	0.46 %
T ₄	50%	1%	0.52 %
T ₅	50%	2%	0.47 %
T ₆	50%	3%	0.46 %
T ₇	75%	1%	0.45 %
T ₈	75%	2%	0.47 %
T ₉	75%	3%	0.44 %

Nota. En la tabla se observa que el menor valor de acidez titulable fue 0.44% ubicado en T9 con (75%) mucílago de penca sábila y (3%) cera de abeja.

Datos completos en el (ANEXO III).

Tabla 14

Análisis de varianza para acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

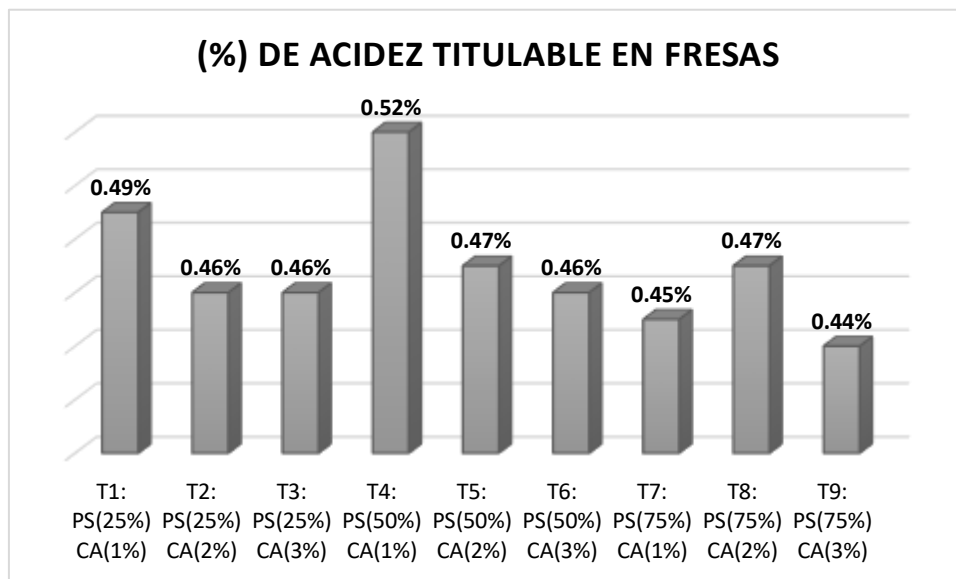
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Mucílago de penca de sábila	2	0.2281	0.11405	1.39	0.253
B: Cera de abeja	2	0.2707	0.13537	1.65	0.197
AB: Mucílago de penca sábila*Cera de abeja	4	0.5842	0.14604	1.78	0.138
Error	108	8.8569	0.08201		
Total	161	12.7358			

Nota. La tabla se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para acidez titulable se observa que ninguno de los factores de estudio fueron significativos ($p > 0.05$) es decir que no producen efectos en las muestras de fresa.

Las concentraciones de penca sábila como recubrimiento en fresas y su efecto en la acidez titulable: Retrasan la degradación metabólica del fruto de fresa, disminuye la maduración debido al uso de ácidos orgánicos (ácido cítrico), actúa como barrera física limitando el intercambio gaseoso (O_2 y CO_2), las concentraciones bajas de penca sábila logran una mejor retención de la calidad y de acidez titulable, mantener una acidez titulable más baja, prolonga la vida útil de las fresas. Las concentraciones de cera de abeja como recubrimiento en fresas y su efecto en la acidez titulable: mantiene mejor la acidez titulable y la firmeza, ayudan a la calidad sensorial y controlan la maduración, crean una barrera que ralentiza el metabolismo de la fruta disminuyendo la tasa de consumo de ácidos orgánicos (responsables de la acidez titulable).

Figura 34

Acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja



Nota. En la figura se observa los resultados para acidez titulable, donde el menor valor fue 0.44%, el cual se encuentra en “T9” elaborado con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja.

Vásquez (2019) aplicó 25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja obteniendo 0.58% de ácido cítrico al día 13 de conservación. Cano y Corales (2024) indican que con 50% de gel aloe vera + 5% de glycerol se tiene un valor para acidez titulable de 0.06%. Restrepo (2021) indicó que en acidez titulable en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y con cera carnauba reportó valores de 0.8% a los 10 días de almacenamiento. En nuestra investigación se obtuvo para acidez titulable el valor de 0.44% en el tratamiento T9” elaborado con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja, a los 9 días de almacenamiento en refrigeración (4°C). Generalmente la reducción de acidez en fresas disminuye la pérdida de humedad y la tasa de respiración contribuyen a la degradación de la acidez del fruto y retrasan la utilización de los ácidos orgánicos en las reacciones enzimáticas. Si bien no hay un valor específico para la acidez titulable en fresas con estos recubrimientos, la tendencia general es que la acidez mantenga un nivel bajo (Serradilla et al. (2020). La interacción de los recubrimientos mixtos (penca sábila + cera de abeja) reducen la pérdida de peso y la respiración de las fresas generando un efecto sinérgico, prolongando la vida útil de las fresas (González, 2021; Tanada y Grosso, 2022).

4.4. Pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

En la tabla 15 se presentan los resultados promedio para pérdida de peso en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja, datos tomados después de los 9 días de almacenamiento a temperatura refrigerada (4°C):

Tabla 15

Promedios de pérdida de peso (%) en 9 muestras de fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

TRATAMIENTOS	MUCÍLAGO DE PENCA SÁBILA (%)	CERA DE ABEJA (%)	PÉRDIDA DE PESO (%)
T ₁	25%	1%	43%
T ₂	25%	2%	54%
T ₃	25%	3%	46%
T ₄	50%	1%	48%
T ₅	50%	2%	46%
T ₆	50%	3%	46%
T ₇	75%	1%	43%
T ₈	75%	2%	48%
T ₉	75%	3%	40%

Nota. En la tabla se observa que el menor valor para pérdida de peso fue 40% ubicado en T9 con (75%) mucílago de penca sábila y (3%) cera de abeja.

Datos completos en el (ANEXO IV).

Tabla 16

Análisis de varianza para pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

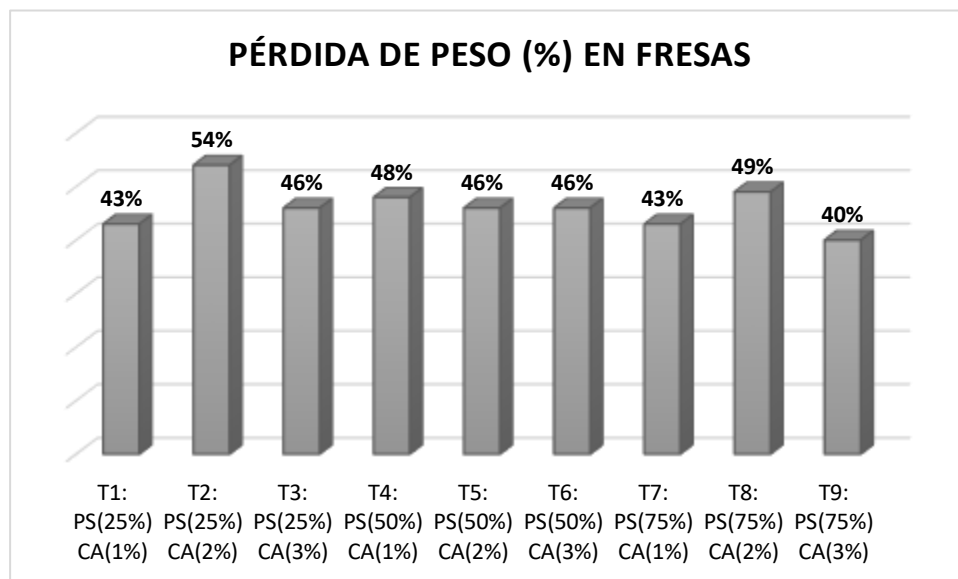
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Mucílago de penca de sábila	2	0.0234	0.01168	0.16	0.856
B: Cera de abeja	2	0.1298	0.06490	0.87	0.423
AB: Mucílago de penca sábila*Cera de abeja	4	0.1874	0.04686	0.63	0.645
Error	108	8.0836	0.07485		
Total	161	26.3740			

Nota. La tabla se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para pérdida de peso se observa que ninguno de los factores de estudio fueron significativos ($p > 0.05$) es decir que no producen efectos en las muestras de fresa.

Las concentraciones de penca sábila como recubrimiento en fresas y su efecto en la pérdida de peso: Extiende la vida útil creando una barrera física que controla la transpiración, la penca sábila forma una película sobre la fresa que disminuye la migración de vapor hacia el exterior, las concentraciones óptimas (bajas de sábila) crean una capa protectora y con menor pérdida de peso, reduciendo significativamente la pérdida de peso, limita la pérdida de agua, previene el deterioro y el arrugamiento, actuando como una barrera contra la transpiración y respiración, extiende la frescura de la fruta por varios días, mantiene niveles altos de compuestos fenólicos y antioxidantes protegiendo contra el daño celular.

Figura 35

Pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja



Nota. En la figura se observa los resultados para pérdida de peso del fruto, donde el menor valor fue del 40%, el cual se encuentra en las muestras de fresas con recubrimiento comestible que emplearon el tratamiento “T9” elaborado con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja.

Gómez (2022) demostró que los recubrimientos de *aloe vera* y cera de abeja son efectivos para reducir la pérdida de peso, la evaporación de agua y mejora la calidad de las fresas durante el almacenamiento prolongando la vida útil de estas frutas. Vásquez (2019) encontró óptimos resultados con (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) observando una disminución de la pérdida de peso del (45% al 40%), la acción de barrera de este recubrimiento comestible permite un efecto semi permeable frente al paso del dióxido de carbono y a la humedad. Cano y Corales (2024) encontraron que aplicando 50% de gel *aloe vera* + 5% de glycerol, se tiene una pérdida de peso de 42% al 40%. Restrepo y Aristizábal (2021) señalan que entre 7 y 10 días de almacenamiento las fresas presentaron una pérdida de peso menor al 50% con cera de abeja al (0.35%) y mucílago de penca sábila al (0.40%). Todo lo antes mencionado se asemeja a los resultados obtenidos en nuestra investigación donde la menor pérdida de peso de las fresas fue del 40% en el tratamiento “T9” elaborado con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja con una duración de vida útil de 9 días en almacenamiento refrigerado.

4.5. Resultados microbiológico en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

Se analizó en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Cajamarca, la muestra “T9” la cual obtuvo las mejores características físicoquímicas

Tabla 17

Resultados microbiológicos - “T9” (75% mucílago de penca sábila y 3% cera de abeja)

Análisis microbiológico					
Repeticiones	Tratamiento	<i>Aerobios mesófilos</i> (UFC g)	<i>Escherichia coli</i> (UFC g)	<i>Salmonella</i> (UFC g)	<i>Listeria monocytogenes</i> (UFC g)
1	T9	05 x 10	Ausencia	Ausencia	Ausencia
2	T9	09 x 10	Ausencia	Ausencia	Ausencia
3	T9	15 x 10 ²	07 x 10	Ausencia	Ausencia
4	T9	11 x 10 ²	06 x 10	Ausencia	Ausencia
5	T9	0s x 10	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Nota. En la tabla se observa los resultados obtenidos en el análisis de la muestra “T9” los cuales indicaron ausencia de: *Aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, determinándose que el producto es inocuo y apto para el consumo humano. de acuerdo con los REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DS N° 007-98-SA, RM N° 591-2008 SA/DM REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA FRUTAS, HORTALIZAS, FRUTOS SECOS Y SIMILARES: Frutas y hortalizas frescas semiprocessadas; concluyendo el producto “Fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja”, el cual tiene una carga microbiana que se encuentra dentro de los límites mínimo y máximo permisibles citados en el (ANEXO V) y en el (ANEXO VI). Asimismo para su elaboración se tuvo en cuenta las BPM (Buenas Prácticas de Manipulación) y BPH (Buenas Prácticas de Higiene) con la finalidad de minimizar la carga microbiana.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El efecto del mucílago de penca sábila (*Aloe vera*) y cera de abeja influyen en la conservación de fresas (*Fragaria × ananassa*) variedad Sabrina conservándolas durante 9 días en almacenamiento a temperatura refrigerada de (4°C).
- El tratamiento “T9” con 75% de mucílago de penca sábila y 3% de cera de abeja obtuvo las mejores características físicoquímicas: sólidos solubles (6.93 °Brix), pH (3.2), acidez titulable (0.44%) y pérdida de peso del fruto (40%).
- El análisis microbiológico realizado a la muestra “T9” muestra con las mejores características físicoquímicas evidenció la ausencia de *Aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* siendo un producto comercialmente estéril, por tanto, apto para el consumo humano.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un análisis instrumental de textura y color (L*a*b*) en las fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja para garantizar la calidad y consistencia del producto mediante una medición más objetiva.
- Emplear otras temperaturas de almacenamiento para fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja y hacer una comparación con los resultados obtenidos en nuestra investigación.
- Analizar la composición química de la penca sábila y la cera de abeja y observar su efecto antimicrobiano/antifúngico en otros microorganismos en específico.
- Realizar un análisis microbiológico específicamente para hongos y observar si aparte de *Botrytis cinerea* existen otros tipos de hongos que afectan las características físicas de la fresa.
- Realizar un análisis de aceptabilidad sensorial a las fresas con recubrimiento comestible a base de mucílago de penca sábila y cera de abeja.

CAPÍTULO VI

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. (2023). *“Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. (Tesis de maestría)”*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Ahorini, A.; Keizer, L. Bouwmeester, H. Sun, Z. AlvarezHuerta, M. Verhoeven, H. Blaas, J. Van Houwelingen, A. Vos. R. Van der Voet, H. Cansen, R. Guis, M. Mol, J. Davis, R. Schena, M. Van Tunen, A. y O’Connell, A. (2022). *“Identification of the SAAT gene involved in strawberry flavour biogenesis by use of DNA microarrays”*. Plant Cell, 12: 647-661.
- Alapont, C. Soriano, P. y Torrejón, J. (2020). *“Guía para la determinación de la vida útil de los alimentos”* (1º edición). FEDACOVA.
- Alcántara, G. (2022). *“Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo postcosecha y el transporte simulado”*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia y de Guanajuato, España, España.
- Álvarez, K. y J. Varón, (2021). *“Obtención de algunos parámetros de referencia del suelo y del mucílago del Aloe vera cultivado en el corregimiento de Colombia municipio de Pereira Risarald”*. (Tesis de Ingeniero en Tecnología Química). Facultad de Tecnología Química: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Alves, D. Pérez, A. Estepa, L. y Micol(2022). *“Membrane related effects underlying the biological activity of the anthraquinones emodin and barbaloin”*. Biochem. Pharmacol66:549-561.
- Anderson, B. (2022). *“Cytogenic Evaluation of MI V2 Generation from Experimental. Tetraploids in Aloe Vera L”*: Revista CientíficaUDO Agrícola 1: 29-31.

- Atencia J, S. (2023). “*Aplicación de Aloe vera como recubrimiento comestible de arándano (Vaccinium corymbosum L.)*” (en línea). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. UNASAM, Huaraz, Perú. 145p. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1695/FIIA%20SALLY%20ELIZABETH%20ATENCIA%20JARA.pdf//sequence=1&isAllowe>
- Ban, Z. Zhang, J. Li, L. Luo, Z. Wang, Y. Yuan, Q. Zhou, B. y Liu, H. (2020). “*Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the improvement of Jujube (Ziziphus jujuba Mill.) fruit quality*”. Food Chemistry, 306, 125628. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125628>
- Barahona, E. Flores, G. y Rosero, L. (2023). “*Estudio de factibilidad para la creación de una empresa exportadora de pulpa de Aloe Vera en la provincia de Imbabura hacia el mercado Español*”. (Tesis de Maestría en Negocios y Comercio Internacional). Facultad de Negocios Internacionales: PUCE-SI Ibarra- Ecuador.
- Barceló, J. (2022). “*Fisiología Vegetal*”. Revista Edición pirámide, 1(2), p.20. Obtenido de <https://www.edicionespiramide.es/libro.php?id=5914737>
- Barrera, F. (2017). “*Efecto del pH sobre las características fisicoquímicas y de adhesividad de latex de Poli (Acetato de Vinilo-co- Alcohol vinílico) para recubrir tomate cherry (Lycopersicon esculentum Var. Cerasiforme)*”. (Tesis de Ingeniería y tecnología en alimentos). Coahuila-México.
- Barreiro, J. y Sandoval, A. (2022). “*Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*”. Caracas: EQUINOCCIO.
- Beltrán, A. (2021). “*Estudio de la vida útil de fresas (Fragaria Vesca L.) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C*”. Trabajo de grado, Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Bertuzzi, M. (2022). “*Water vapors permeability of edible starch-based starch-based films*”. Journal of Food Engineering. Revista. Elsevier academic, 2(80), pp. 927-978. Obtenido de https://www.academia.edu/4675450/Water_vapor_permeability_of_edible_starch_based_films

- Buttery, R. (2021). *“Vegetable and fruit flavours”*. En flavor research: Recent advances. R. Teranishi, R.A. Flath y H. Sugisawa (Eds.). Marcel Dekker. New York, USA. pp. 175-216.
- Broks, G. Butel, J. y Morse, S. (2019). *“Microbiología de Jawetz, Melnick y Adelberg”*. México Manual Moderno. pp. 889.
- Camacho, M. Vega Baudrit, J. y Campos Gallo, A. (2021). *“Uso de nanomateriales en polímeros para la obtención de bio empaques en aplicaciones alimentarias”*. Revista de La Sociedad Química Del Perú. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000400007.
- Cano, A. y Corales, F. (2024). *“Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucilago de penca de sábila (Aloe Barbadensis miller) en la vida útil de la fresa (Fragaria ananassa)”*. Tesis Ing. Agroindustrial. UNS, Nuevo Chimbote, Perú. 244 p. Disponible en:<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1956/27279.pdf//sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, C. (2022). *“Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos”*. Fundación Doñana 21. España.
- Caudillo, C. (2022). *“Conservación postcosecha de fresa utilizando recubrimientos formulados con quitosano-quínoa. (Tesis de maestría)”*. Universidad Veracruzana, Veracruz.
- Cumplido, G. (2022). *“Functional characterization of strawberry (Fragaria x ananassa) fruit-specific and ripening-related genes involved in aroma and anthochyanins biosynthesis”*.

- Chorbadzhiev, P., Zsivanovits, G., Gradinarska, D., Danov, K., Valkova-jorgova, K., Zsivanovits, G., Gradinarska, D., Danov, K., y Valkova-jorgova, K. (2017). *“Improvement of texture profile attributes of cooked sausage type “Krenvirsh”*. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 23(2), 338–347.
- DeEll, J. (2023). *“Manejo post cosecha postcosecha y almacenamiento de bayas”*. Revista, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 12(85), pp. 85-116. Obtenido de http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/storage_berrries.htm.
- Dhital, R., Mora, N. B., Watson, D. G., Kohli, P., y Choudhary, R. (2018). *“Efficacy of limonene nano coatings on post-harvest shelf life of strawberries”*. LWT, 97, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.038>.
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2023).
- Fernández, D. Baños, S. Fernández, D. Ocampo, A. García, A. y Falcón, A. (2023). *“Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas”*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24 (3), 52-57.
- Fernández, J. Nock, J. y Walkins, C. (2019). *“Fermentative metabolism and organic acid concentrations in fruit of selected strawberry cultivars with different tolerances to carbon dioxide”*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 124: 696-701.
- Fernández, M. Echeverría, D., Mosquera, S. y Paz, S. (2022). *“Estado Actual del uso de Recubrimientos Comestibles en Frutas y Hortalizas”*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.15 (2), 134-141. doi: [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(15\)134-141](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(15)134-141)
- Forney, C. Kalt, W. y Jordan, M. (2022). *“The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity and storage”*. Hortscience, 35 (6): 1022-1026.

- Galleta, G. Ballinger, M. Monroe, R. y Kushman, L. (2020). “*Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality*”. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 (6): 758-762.
- García, J. y Aguilera, C., (2021). “*Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (Fragaria x ananassa cv. Tudla)*”. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Tomo 43, Pág. 1489-1492.
- Giese, A., Bjerkvig, R., Berens, M. y Westphal, M. (2023). “*Cost of migration: Invasion of malignant gliomas and implications for treatment*”. Journal of Clinical 21(8), 1624-1636.
- Gómez, A. (2022). “*La cera de abeja control y factores de calidad. IV jornada de Malagueña de apicultura*”. Disponible en: <http://www.mieldemalaga.com/asociacion/jornadas/ponencias/texto04-4.pdf>
- González, M. (2021). “*Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela (Cinnamomum zeynalicum)*”. Departamento de química: Escuela Superior Técnica de Chimborazo. <http://www.hdl.handle.netJ1234567891737>.
- Gutiérrez, J. (2019). “*Microorganismos que alteran los alimentos*”. En línea: <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055s02.htm>.
- Hardenburg, R. Watada, A. y Wang, C. (2021). “*The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*”. U.S. Department of Agriculture, Agric. Handbook 66: 47-48.
- Hernández, A. (2021). “*Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of Rhizopus stolonifer*”. Revista, 1(1), p. 67. Obtenido de <http://europepmc.org/article/med/26048219>.

- Hernández, P. Almenar, E. Valle, V. Velez, D. y Gavara, R. (2018). “*Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria×ananassa) quality during refrigerated storage*”. Food Chemistry, 110(2), 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>
- Hoa, T. y Ducamp, M. (2022). “*Efectos de diferentes revestimientos sobre los cambios bioquímicos de mangos (Gato Roa/oc) en almacenamiento*”. Postcosecha Bio/Technology 48(1): 150-152.
- Holcroft, D. y Kader, A. (2019). “*Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit*”. Postharvest Biology and Technology, 19(32). Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552149900023X>
- INEN (2022). “*Valores y Principios INEN*”. En línea: <http://www.normalizacion.gob.ec/>.
- Jiang, Y. Yu, L. Hu, Y. Zhu, Z. Zhuang, C. Zhao, Y. y Zhong, Y. (2020). “*The preservation performance of chitosan coating with different molecular weight on strawberry using electrostatic spraying technique*”. International Journal of Biological Macromolecules. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.169>
- Jiménez, A. (2022). “*Edible and biodegradable starch films*”: a review. Revista, Food and Bioprocess Technology, 5(6), pp. 2058-2076. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/77247>.
- Joo, M. Lewandowski, R. Auras, J. Harte y Almenar, V. (2021). “*Comparative shelf-life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions*”. Food Chem., 15 (Junio): 126(4): 1734-1740.
- Kader, A. (2022). “*Passion Fruit: Recomendations for Maintaining Postharvest Quality*”. Department of Pomology, University of California, Davis, Ca., USA.

- Ke, D. Goldstein, L. O'Mahony, K. Kader, A. (2021). "*Effects of short-term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality of strawberries*". Journal of Food Science, 56: 50-54. Pp. 261.
- Larsen, M. y Watkins, C. (2022). "*Firmness and aroma composition following short-term high carbon dioxide treatments*". HortScience. Pp. 30: 303- 305.
- López, M. Ruiz, C. Navarro, J. Ornelas, M. Estrada, L. Gassos, K. y Rodrigo, J. (2022). "*Efecto de recubrimiento comestible de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas*". Biotecnia XIV (1): 33-43.
- López, D. Cuatin, R. Andrade, J. y Osorio, O. (2022). "*Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja sobre la calidad físicoquímica y organoléptica*". Acta Agron. 65 (4): 326-333.
- Lozano, C. Zavaleta, A. y Villaseca, A. (2023). "*Evaluación microbiológica de la vida útil de nectar de durazno con propóleo como conservante natural*". Revista Biotiempo, 19(2), 177-184. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i2.4843>
- Lucero, O. (2019). "*Técnicas de Laboratorio de Bromatología*". Xerox. Riobamba. pp.74.
- Marconi, C. (2023). "*Proyecto de mejora de las economías regionales y desarrollo local de buenas prácticas de producción de cera de abeja*". Edic. INTI. España. Disponible en: <https://inti.gob.ar/ue/pdf/publicaciones/cuadernillo34.pdf>.
- Maris, S. Guerrero, S. Bibiana, A. y Leontina, S. (2021). "*Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas*". Manual De Capacitación. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-y5771s.pdf>.
- Martínez-Romero, K. Guillen, F. Valverde, J. Serrano, M. Zapata, P. Bailen, G. et al (2021). "*Aloe vera gel como recubrimiento comestible. en frutas y hortalizas*".

- Min, X. Giognian, Z. Jian, P. y Vilas, M. (2021). “*Effect of single and combined atmosphere packages on preservation of strawberries*”. International Journal of Food Engineering. 1(4):1-11.
- Mitchell, D. et al. (2022). “*Protein palmitoylation by a family of DHHC protein S-acyltransferases*”. J Lipid Res. Pp. 47(6):1118-27.
- Morales, J. (2022). “*Cultivo de fresa y fresón*”. s.f. <http://www.infojardin.com/huerto/cultivo-fresa-fresón-fresas-fresones.htm>.
- Muley, A. y Singhal, R. (2020). “*Extensión de la vida útil poscosecha de fresas (Fragaria ananassa) mediante un recubrimiento de conjugado de quitosano y aislado de proteína de suero*”. Food Chemistry, 329, 127213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127213>
- Ni, Y., Turner, D., Yates, K. M. y Tizard, I. (2024). “*Isolation and characterization of structural components of Aloe vera L. leaf pulp*”. International Immunopharmacology, 4(14), 1745-1755. número 004, pp. 359-368
- Núñez, C. Castellano, G. Ramírez, R. Sindoni, M. y Marín, R. (2022). “*Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (Fragaria X Ananassa Duch)*”. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracaibo, estado Zulia. Venezuela.
- Olías, J. y Sanz, C. (2023). “*Postcosecha de la fresa de Huelva*”. Principios Básicos y Tecnológicos. Instituto de la Garza. CSIC. Sevilla – España. p: 48-51.
- Palomino, E. (2022). “*Evaluación del gel de sábila (Aloe vera) como recubrimiento comestible y su aplicación en la conservación de carambola (Averrhoa carambola L.) entera y mínimamente procesada*” (en línea). Tesis Ing. Agroindustrial. UNA, Puno, Perú. 120p. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3551/Eduardo_Palomino_Jennifer_Estefany.PDF?sequence=1&isAllowed=y

- Pedraza, H. y López, A. (2019). *“Caracterización de un ADN de fresa específico de frutos maduros que presenta homología con péptido metionina sulfóxido eductasas”*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Facultad de Ciencias.
- Pelayo, C. y Castillo, D. (2023). *“Técnicas de Manejo Postcosecha a pequeña escala. Manual para los Productos Hortofrutícolas”*. Series de Horticultura Postcosecha N° 8. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztacala, México.
- Pérez, H. (2022). *“Análisis técnico de los principales problemas de calidad y condición de llegada de la uva de mesa Chilena a Europa y Norteamérica”*. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. Pp.1-16.
- Pessis, E. y Avissar, I. (2022). *“Effect of postharvest Application of acetaldehyde vapour on strawberry decay taste and certain volátiles”*. Journal of the Science of Food and Agriculture. Pp. 52: 377-380.
- Porter, N y Hotckiss, J. (2019). *“Ciencias de los alimentos”*. Quinta Edición Zaragoza. Acribia. pp. 225 – 230.
- Purvis, A. (2022). *“The role of adaptative enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues”*. HortScience. Pp. 32: 1165-1168.
- Quezada, J. Debeaufort, F. y Voilley, A. (2019). *“Interactions between aroma and edibles films. Permeability of methycellulose and low-density polyethylene films to methyl ketones”*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 108-113.
- Ramos, M. Bautista, S. Barrera, L. Bosquez, E. Alia, I. y Estrada, M. (2021). *“Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas”*. Revista mexicana de fitopatología, 28(1), 44-57.
- Ramirez, J. Aristizábal I. y Restrepo J. (2022). *“Conservación de Mora de Castilla (Rubus Glaucus Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de Penca de Sábila (Aloe Barbadensis Miller)”*. Tesis de la Universidad Nacional De Colombia.

- Ramírez, J. (2022). “*Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila. Ciencia Farmacéuticas y Alimentarias*”. 20 (3): 172 – 183. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042013000300003&script=sci_abstract&tlng=es
- Restrepo, J. y Aristizábal, I. (2021). “*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 Carnauba*”. Pp. 56 – 60.
- Reynolds, T. y Dweck, A (2023). “*Aloe vera*” leaf gel: a review update. *Journal of Ethnopharmacology* 68: 3-37.
- Ribeiro, C. Vicente, A. Teixeira, J. y Miranda, C. (2022). “*Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence*”. *Postharvest Biol Technol* 44:63-70.
- Robinson, J. Browne, K. y Burton, W. (2021). “*Caracterización de vegetales y frutas*”. Dolmos, S.A. Buenos Aires – Argentina, pp, 120-142.
- Rojas, M. (2022). “*Recubrimiento y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación*”. Tesis de doctorado. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Lleida. España.
- Rosen, C y Kader, A. (2019). “*Postharvest Physiology and Quality Maintenance of Sliced Pear and Strawberry Fruits*”. Pp. 70 – 79.
- Ruelas, X. Reyes, M. Valdivia, B. Contreras, J. Montañez, J. Aguilera, A. y Peralta, R. (2023). “*Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles*”. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 5 (9), 31-37.
- Salunkhe, D. y Desai, B. (2021). “*Citrus. Postharvest biotechnology of fruits*”. V.1. crc press inc. Boca Raton, Florida, U.S.A. pp. 59-76.

- Salgado, V. (2022). *“Análisis de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y Salmonella spp. en cuatro ingredientes utilizados en la planta de lácteos de Zamorano, Honduras”*. En línea: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1553/T1607.pdf>.
- Santiago, S. (2022). *“Elaboración de películas a partir de almidón nano estructurado de maíz”*. (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana, México.
- Sanz, C. Olias, J. y Perez, A. (2019). *“Aroma biochemistry of fruits and vegetables”*. En: *Phytochemistry of fruits and vegetables. Proceedings of the Phytochemistry Society of Europe*. Clarendon Press. Vol. 41. F. TomasBarberan y R.J. Robins (Eds.). Oxford Science Publications. Oxford, Gran Bretaña, pp. 125-155.
- Serradilla, M. Lozano, B. Bernalte, M. Ayuso, L. López, D. y González, C. (2020). *“Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of Ambrunés sweet cherry cultivar”*. LWT - Food SC and Tech 44: 199 - 205.
- Schieberle, P. y Hofmann, T. (2021). *“Evaluation of the character impact odorant in fresh strawberry juice by quantitative measurements and sensory studies on model mixtures”*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 227-232.
- Smagula, J. y Bramlage, W. (2021). *“Acetaldehyde accumulation: Is it a cause of physiological deterioration of fruits”*. Hortscience, 12: 200-203.
- Tanada, S. y Grosso, C. (2022). *“Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (Fragaria anassa quaility)”* Postharvest Biology and Technology. 36:199 -208.
- Toalombo, F. (2021). *“Estudio de la Aplicación de un Recubrimiento Comestible sobre el tiempo de vida útil de la Mora de Castilla (Rubus glaucus)”* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Thompson, A. (2023). *“Almacenamiento en Atmósferas Controladas de frutas y hortalizas”*. (Tesis de maestría) Zaragoza: Acribia. Ecuador; Zaragoza.

- Ulrich, D. (2021). *“Test of gross motor development”*: Examiner’s manual (2nd ed.). Austin, TX: PRO-ED.
- Vasco, V. (2019). *“Determinación de Parámetros Físicos Químicos de los Alimentos como base para el establecimiento de la Norma de Requisitos”*. En línea: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/204/1/56T00176.pdf>. . 1535 – 1541
- Vásquez, V. (2019). *“Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (Aloe vera) con cera de abeja en la conservacion de arandanos (Vaccinium corymbosum L.)”*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Velázquez, M. y Guerrero, J. (2022). *“Recubrimiento de frutas con biopelículas”*. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. 7 (2), 5-14.
- Vélez, M. Campos, R. y Sánchez, H. (2022). *“Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la Metanogénesis Ruminal”*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 489–499. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728004.pdf>.
- Villegas, C. (2022). *“Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla (Rubus glauscus Benth)”*. Rev. Ciencia Farmacéuticas y Alimentarias. 23 (3): 202 – 209. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v23n3/0121-4004-vitae-23-03-00202.pdf>.
- William, F. (2021). *“Analytical Chemistry”*. Pp.1535-1543.
- Wszelaki, J. y Mitcham, K. (2022). *“Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries”*. Pp. 90 – 96.
- Yıldırım, M. Şeker, M. y Sadıkoğlu, H. (2022). *“Effect of grape derivatives and crosslinked maize starch coatings on the storage life of strawberry fruit”*. Progress in Organic Coatings, 167, 106850. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106850>.

CAPÍTULO VII

VII. ANEXOS

ANEXO I

Datos completos para sólidos solubles (°Brix) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

N° Evaluaciones	25 % Mucílago de penca sábila			50% Mucílago de penca sábila			75% Mucílago de penca sábila		
	T1 (1% cera de abeja)	T2 (2% cera de abeja)	T3 (3% cera de abeja)	T4 (1% cera de abeja)	T5 (2% cera de abeja)	T6 (3% cera de abeja)	T7 (1% cera de abeja)	T8 (2% cera de abeja)	T9 (3% cera de abeja)
1	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
2	6	6	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
3	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
4	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
5	5.8	6	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
6	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5.3	6	5.4	6.4
7	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
8	5.8	6	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
9	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
10	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
11	5.8	6	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
12	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
13	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
14	5.8	6	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
15	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
16	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
17	5.8	6.5	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
18	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
19	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
20	5.8	6.5	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
21	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	5.3	5.4	6.4
22	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
23	5.8	6.5	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
24	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
25	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
26	5.8	6.5	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
27	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	5.3	5.4	6.4
28	6	6	6.1	4.5	5	6.5	6.5	6.5	8.5
29	5.8	6.5	6	6.3	6.3	6.4	6.4	8.4	5.9
30	6.5	6.4	6.7	5.9	5.9	5	6	5.4	6.4
Promedio	6.10666667	6.21666667	6.26666667	5.56666667	5.73333333	5.97666667	6.25333333	6.76666667	6.93333333

Nota. En la tabla se describen los datos para sólidos solubles (°Brix) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.

ANEXO II

Datos completos para pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

N° Evaluaciones	25 % Mucílago de penca sábila			50% Mucílago de penca sábila			75% Mucílago de penca sábila		
	T1 (1% cera de abeja)	T2 (2% cera de abeja)	T3 (3% cera de abeja)	T4 (1% cera de abeja)	T5 (2% cera de abeja)	T6 (3% cera de abeja)	T7 (1% cera de abeja)	T8 (2% cera de abeja)	T9 (3% cera de abeja)
1	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
2	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
3	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
4	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
5	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
6	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
7	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
8	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
9	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
10	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
11	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
12	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
13	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
14	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
15	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
16	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
17	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
18	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
19	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
20	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
21	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
22	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
23	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
24	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
25	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
26	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
27	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
28	3.2	3.5	3.5	3.2	3.6	3.2	3.2	3.4	2.9
29	3.2	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.8	3.5	3.5
30	3.5	3.2	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.2
Promedio	3.3	3.36666667	3.36666667	3.4	3.43333333	3.33333333	3.4	3.46666667	3.2

Nota. En la tabla se describen los datos para pH en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.

ANEXO III

Datos completos para acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

N° Evaluaciones	25 % Mucílago de penca sábila			50% Mucílago de penca sábila			75% Mucílago de penca sábila		
	T1 (1% cera de abeja)	T2 (2% cera de abeja)	T3 (3% cera de abeja)	T4 (1% cera de abeja)	T5 (2% cera de abeja)	T6 (3% cera de abeja)	T7 (1% cera de abeja)	T8 (2% cera de abeja)	T9 (3% cera de abeja)
1	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
2	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
3	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
4	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
5	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
6	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
7	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
8	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
9	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
10	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
11	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
12	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
13	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
14	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
15	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
16	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
17	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
18	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
19	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
20	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
21	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
22	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
23	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
24	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
25	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
26	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
27	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
28	0.49	0.45	0.45	0.61	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45
29	0.51	0.46	0.45	0.46	0.49	0.44	0.39	0.46	0.45
30	0.48	0.49	0.5	0.51	0.44	0.51	0.47	0.48	0.44
Promedio	0.49333333	0.46666667	0.46666667	0.52666667	0.47	0.46666667	0.45666667	0.47	0.44666667

Nota. En la tabla se describen los datos para acidez titulable (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.

ANEXO IV


Datos completos para pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja

N° Evaluaciones	25 % Mucílago de penca sábila			50% Mucílago de penca sábila			75% Mucílago de penca sábila		
	T1 (1% cera de abeja)	T2 (2% cera de abeja)	T3 (3% cera de abeja)	T4 (1% cera de abeja)	T5 (2% cera de abeja)	T6 (3% cera de abeja)	T7 (1% cera de abeja)	T8 (2% cera de abeja)	T9 (3% cera de abeja)
1	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
2	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
3	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
4	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
5	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
6	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
7	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
8	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
9	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
10	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
11	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
12	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
13	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
14	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
15	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
16	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
17	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
18	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
19	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
20	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
21	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
22	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
23	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
24	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
25	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
26	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
27	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
28	0.46	0.54	0.38	0.46	0.46	0.54	0.54	0.46	0.38
29	0.31	0.54	0.46	0.54	0.46	0.31	0.31	0.54	0.38
30	0.54	0.54	0.54	0.46	0.46	0.54	0.46	0.46	0.46
Promedio	43.66666667	54	46	48.66666667	46	46.33333333	43.66666667	48.66666667	40.66666667

Nota. En la tabla se describen los datos para pérdida de peso (%) en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja.

ANEXO V

Análisis microbiológico de la muestra con mejores características físicoquímicas: “T9” fresas recubiertas con (75% mucílago de penca sábila y 3% cera de abeja)

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS							
SOLICITANTE: Tesista: Alexander Jhonel Vargas Chávez		Producto: Fresas variedad Sabrina recubiertas con penca sábila y cera de abeja.					
FECHA: 13-01-2025.		HORA DE INGRESO: 10:00 am					
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DS N° 007-98-SA							
RM N° 591-2008 SA/DM							
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA FRUTAS, HORTALIZAS, FRUTOS SECOS Y SIMILARES: Frutas y hortalizas frescas semiprocadas							
	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.		
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	m	M	
Escherichia coli	5	3	5	2	10 ⁴	10 ⁶	
Salmonella	10	2	5	0	10	10 ²	
Listeria monocytogenes	10	2	5	0	Ausencia/ 25g	—	
					Ausencia/ 25g	—	
La muestra evaluada fue el tratamiento T9 (75% de gel de penca sábila y 3% de cera de abeja), evaluado a los 9 días de almacenamiento en refrigeración.							
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO							
Repeticiones	Tratamiento	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Escherichia coli (UFC/g)	Salmonella (UFC/g)	Listeria M. (UFC/g)		
1	T9	05 x 10	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
2	T9	09 x 10	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
3	T9	15 x 10 ²	07 x 10	Ausencia	Ausencia		
4	T9	11 x 10 ²	06 x 10	Ausencia	Ausencia		
5	T9	05 x 10	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
RESULTADOS							
La carga microbiana esta dentro de los limites minimo y maximo permisibles, según la Norma Técnica Peruana.							
 <p>LAB. CONTROL DE CALIDAD ALIMENTOS Y AGUAS DPTO. CC. BIOLÓGICAS UNIVERSIDAD NACIONAL CAJAMARCA</p> <p><i>Rodolfo Razo Orejuela Chirinos</i> Dr. Rodolfo Razo Orejuela Chirinos</p>							

ANEXO VI

Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocadas

NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01
NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD
PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10^3	10^5
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	—
XIV.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	6	3	10^4	10^6
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10^3
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	—
<i>Listeria monocytogenes</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	—
(*) Solo para frutas y hortalizas de tierra (a excepción de las precocidas).						
XIV.3 Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^3
Levaduras	2	3	5	2	10^2	10^3
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	5×10^2
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	—
XIV.4 Frutas y hortalizas en vinagre, aceite o salmuera o fermentadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Levaduras	3	3	5	1	10^3	10^4
XIV.5 Frutos secos (dátiles, tamarindo, otros) y semillas (castañas, maní, pecanas, nuez, almendras, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10^2	10^3
Levaduras	3	3	5	1	10^2	10^3
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10^3
XIV.6 Mermelada, jaleas y similares.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10^2	10^3
Levaduras	3	3	5	1	10^2	10^3
XV. ALIMENTOS ELABORADOS						
XV.1. Alimentos preparados sin tratamiento térmico (ensaladas crudas, mayonesas, salsa de papa huancaina, ocopa, aderezos, postres, jugos, yogurt de fabricación casera, otros). Alimentos preparados que llevan ingredientes con y sin tratamiento térmico (ensaladas mixtas, palta rellena, sándwich, cebiche, postres, refrescos, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g o mL	
					m	M
Aerobios mesófilos (*)	2	3	5	2	10^5	10^6
Coliformes	5	3	5	2	10^2	10^3
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	10	10^3
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10^3
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	—
(*) No procede para el caso de yogurt de fabricación casera.						



HERNÁNDEZ C



C. Reyes J.

ANEXO VII

Materia prima, materiales, insumos y equipos



Plantas de penca sábila obtenidas del distrito de San Juan



Fresas obtenidas del centro poblado “El Tambo”
Provincia “Hualgayoc”; distrito “Bambamarca” -
“Cajamarca”.



Cera de abeja



Glicerol, tween 80, papel aluminio



Stretch film para alimentos



Agua destilada



Licadora industrial



Termómetro, pH metro, termómetro de canastilla, refractómetro

ANEXO VIII

Proceso de recubrimiento de fresas con mucílago de penca sábila y cera de abeja



Fresas variedad (Sabrina)



Penca sábila en trozos



Extracción del mucílago de penca sábila



Elaboración del mucílago de penca sábila
con cera de abeja



Recubrimiento comestible de mucílago de penca sábila y cera de abeja



Aplicación del recubrimiento comestible a fresas variedad (Sabrina)



Fresas con recubrimiento comestible de mucílago de penca sábila y cera de abeja



Fresas envasadas en poliestireno expandido (EPS) con stretch film alimentario

ANEXO IX

Análisis físicoquímicos en fresas recubiertas con mucílago de penca sábila y cera de abeja



Medición de sólidos solubles en fresas con recubrimiento comestible



Medición de pH en fresas con recubrimiento comestible



Medición de acidez titulable en fresas con recubrimiento comestible



Evaluación de pérdida de peso del fruto en fresas con recubrimiento comestible



Evaluación de daños por microorganismo en fresas con y sin recubrimiento comestible a base de mucílago de penca sábila y cera de abeja



Fresas con recubrimiento en refrigeración (4°C) luego de (9 días de almacenamiento)



Fresas sin recubrimiento en refrigeración luego de (9 días de almacenamiento)



Fresas sin recubrimiento a temperatura ambiente (15°C) luego de (9 días de almacenamiento)