

Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ciencias

Efecto de la concentración y tiempo de exposición del  
lactato de calcio en los parámetros de calidad de la  
fresa (*Fragaria x ananassa* Duch)

Tesis

Para obtener el título de:

Licenciada en Biotecnología

Presenta:

Sarahí Hernández Malvaez

Asesora:

Dra. Ma. del Carmen Hernández Jaimes

Coasesor:

Mtro. Edgar Javier Morales Morales

Agosto 2022

# Contenido

RESUMEN .....	7
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO .....	13
<b>2.1 Clasificación de los frutos</b> .....	14
2.1.1 Frutos climatéricos .....	14
2.1.2 Frutos no climatéricos .....	14
<b>2.2 Descripción botánica de la fresa</b> .....	15
<b>2.3 Clasificación taxonómica de la fresa</b> .....	16
<b>2.4 Composición nutrimental de la fresa</b> .....	17
<b>2.5 Compuestos fenólicos</b> .....	18
2.5.1 Flavonas .....	19
2.5.2 Taninos .....	19
2.5.3 Antocianinas.....	20
<b>2.6 Importancia económica</b> .....	21
<b>2.7 Parámetros de calidad de la fresa</b> .....	22
2.7.1 Respiración .....	23
2.7.2 Transpiración .....	23
2.7.3 Color .....	24
2.7.4 Firmeza.....	25
2.7.5 Contenido de sólidos solubles .....	26
2.7.6 Acidez titulable.....	27
2.7.7 Índice de madurez.....	28
<b>2.8 Enfermedades de la fresa en la etapa poscosecha</b> .....	31
2.8.1 Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ).....	31
2.8.2 Podredumbre por <i>Rhizopus</i> ( <i>Rhizopus stolonifer</i> ) .....	31
2.8.3 Antracnosis ( <i>Antracnosis</i> ).....	31

<b>2.9 Tratamientos poscosecha</b> .....	32
<b>2.9.1 Tratamiento con bajas temperaturas</b> .....	32
<b>2.9.2 Recubrimientos comestibles</b> .....	32
<b>2.9.3 Atmosferas controladas</b> .....	33
<b>2.9.4 Tratamientos con calcio</b> .....	33
<b>2.10 Importancia del calcio en la planta</b> .....	34
<b>CAPÍTULO 3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	36
<b>CAPÍTULO 4 HIPÓTESIS</b> .....	39
<b>CAPÍTULO 5 OBJETIVOS</b> .....	41
<b>5.1 Objetivo General.</b> .....	42
<b>5.2 Objetivos específicos.</b> .....	42
<b>CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA</b> .....	43
<b>6.1 Diseño experimental.</b> .....	44
<b>6.1.1 Selección del fruto</b> .....	44
<b>6.1.2 Limpieza y desinfección</b> .....	44
<b>6.1.3 Secado del fruto</b> .....	44
<b>6.2 Aplicación de lactato de calcio</b> .....	44
<b>6.3 Medición de tamaño</b> .....	45
<b>6.4 Almacenado</b> .....	45
<b>6.5 Determinación de firmeza</b> .....	45
<b>6.6 Medición de color</b> .....	45
<b>6.7 Determinación de sólidos solubles totales</b> .....	45
<b>6.8 Medición de acidez titulable</b> .....	46
<b>6.9 Pérdida fisiológica de peso</b> .....	46
<b>6.10 Incidencia de enfermedades</b> .....	46
<b>6.11 Análisis estadístico</b> .....	47
<b>CAPÍTULO 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	48
<b>7.1 Medición de tamaño</b> .....	49
<b>7.2 Determinación de firmeza</b> .....	49
<b>7.3 Medición de color</b> .....	52
<b>7.4 Determinación de sólidos solubles totales</b> .....	53
<b>7.5 Medición de acidez titulable (% de ácido cítrico)</b> .....	55
<b>7.6 Pérdida fisiológica de peso</b> .....	56

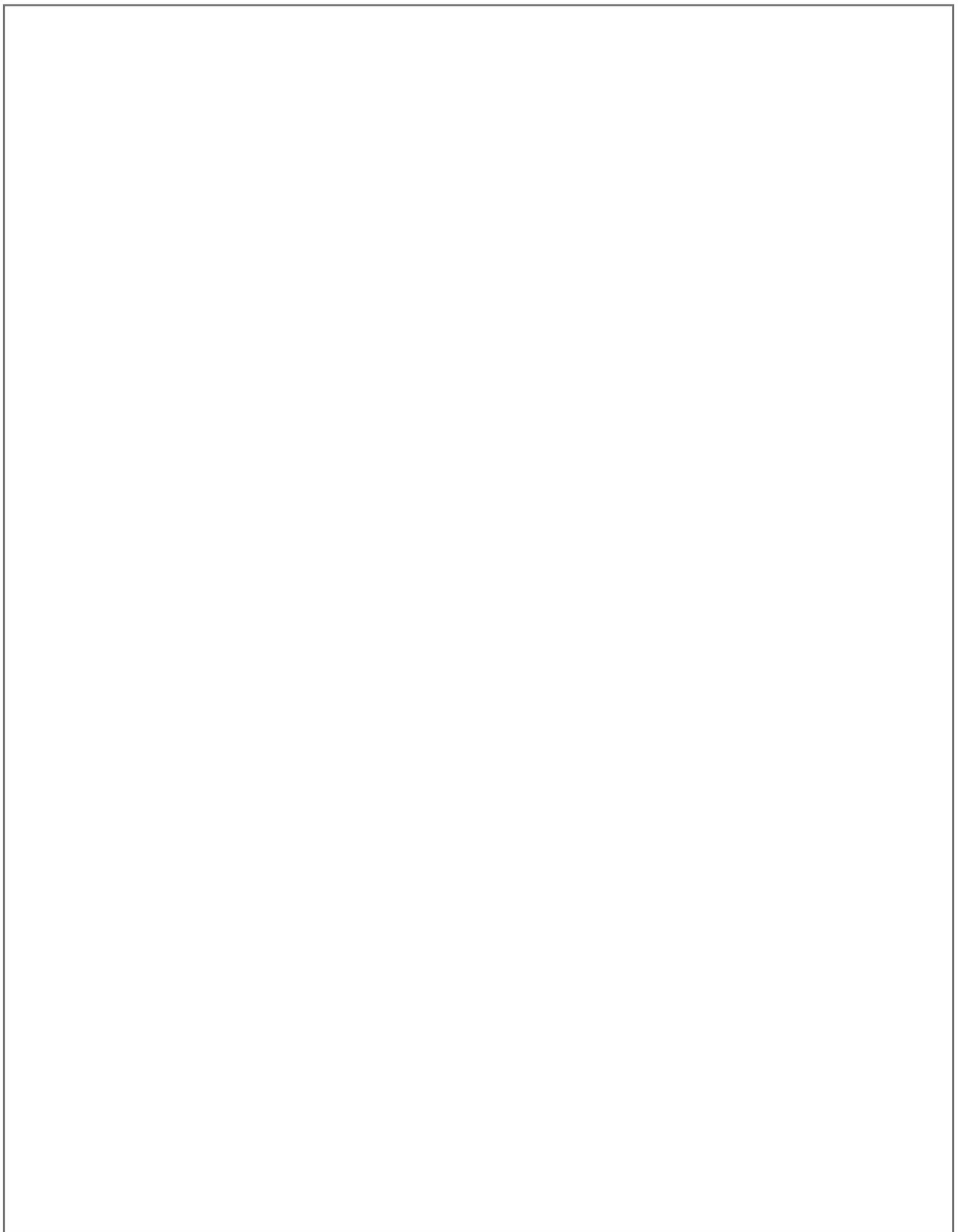
7.7 Incidencia de enfermedades.....	58
7.7.1 Escala para evaluar la severidad de Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) en frutos de fresa .....	59
CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES.....	63
CAPÍTULO 9 PERSPECTIVAS .....	66
CAPÍTULO 10 REFERENCIAS .....	68

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de frutas según su estructura y ritmo respiratorio. ....	15
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la fresa. ....	16
Tabla 3. Composición del fruto de fresa (por 100 g de peso fresco). ....	18
Tabla 4. Principales entidades productoras a nivel nacional. ....	22
Tabla 5. Composición en ácidos y °Brix de algunas frutas de importancia comercial. .....	27
Tabla 6. Clasificación de daños permitidos para fresa en función de su origen e incidencia. ....	29
Tabla 7. Clasificación de tamaño .....	30
Tabla 8. Datos de firmeza (kg/cm <sup>2</sup> ) del fruto respecto a las diferentes concentraciones de lactato de calcio y tiempo de exposición.....	51
Tabla 9. Datos de sólidos solubles (° Brix) totales respecto a las diferentes concentraciones de lactato calcio y tiempo de exposición.....	54
Tabla 10. Datos de acidez titulable respecto a las diferentes concentraciones de lactato de calcio y tiempo de exposición. ....	56
Tabla 11. Datos de porcentaje de pérdida de peso (gramos) respecto a las diferentes concentraciones de calcio y tiempo de exposición.....	58
Tabla 12. Número de tratamientos, porcentaje de calcio y tiempo de exposición utilizados en cada uno de ellos.....	60
Tabla 13. Nivel de severidad microbiológica a lo largo del tiempo en relación con los diferentes tratamientos.....	61

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. Gráfica de color CIELAB.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2. Medición y evolución de color del fruto de fresa en cada uno de los tratamientos, medido en el día 1, 4, 7 y 10.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3. Escala diseñada para evaluar la severidad en frutos de fresa con respecto a Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>).....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 4. Imagen del fruto de fresa del tratamiento 3 tomada al día 10, sin presencia de hongo.....</b>	<b>62</b>



# RESUMEN

El desarrollo de técnicas de conservación ha jugado un papel importante en la industria de alimentos con resultados prometedores en la prolongación de la vida útil de una gran variedad de frutos. El cultivo de fresa es considerado de gran importancia económica por su alto consumo en sus diferentes presentaciones como fruto fresco, mermeladas y zumos, actualmente México se posiciona en el tercer lugar como principal exportador a nivel mundial. La fresa es un fruto que se caracteriza por ser altamente perecedero debido a sus condiciones fisiológicas y alta tasa de respiración por lo que suele tener una corta vida de almacenamiento.

En la industria frutícola, existe una gran variedad de frutos altamente perecederos y con características similares a las de la fresa, por tal motivo, se han diseñado diversos métodos de conservación con la finalidad de prolongar la vida útil de los frutos. Sin embargo, los investigadores continúan buscando desarrollar métodos más eficientes para lograr extender la vida útil de los frutos.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de lactato de calcio a diferentes tiempos de exposición en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) sobre algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con la finalidad de extender la vida útil de los frutos.

Se realizó un experimento completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x3 con 3 repeticiones, antes de realizar el experimento los frutos fueron lavados, desinfectados y secados, posteriormente se sumergieron en soluciones de lactato de calcio a diferentes tiempos de exposición (5, 10, 15 minutos) y diferentes concentraciones (2%, 4%, 6%). Se tomaron muestras a los días 1, 4, 7 y 10 para la medición de tamaño, firmeza, color, sólidos solubles totales, acidez titulable y pérdida fisiológica de peso. Además, se realizó un análisis sobre la incidencia de enfermedades respecto al moho gris (*Botrytis cinerea*).

Los resultados encontrados mostraron diferencias significativas en la determinación de firmeza. El mejor tratamiento se encontró en el tratamiento 5 a un tiempo de inmersión de 5 minutos, ya que mantuvo 59.64% más la firmeza en comparación con el testigo, los tratamientos que presentaron menor firmeza se encontraron en el testigo y en el tratamiento 2, 8 y 10.

En la medición de color se observaron tonalidades de color similares a lo largo del tiempo, por lo tanto, el lactato de calcio no influye en las tonalidades del color de la fresa. De igual manera en la medición de acidez titulable el comportamiento de todos los tratamientos fue el mismo, todos presentaron una disminución en los valores conforme transcurrió el tiempo, por lo que los resultados indican que el tratamiento con lactato de calcio no influye en el factor estudiado.

Se encontraron diferencias significativas en la medición de sólidos solubles totales, se obtuvieron resultados similares a la medición de firmeza ya que también los tratamientos con mejores resultados se presentaron a una exposición de lactato de calcio al 4%. El tratamiento 5 a una concentración del 4% y 5 minutos de tiempo de inmersión, presentó 6% menos de sólidos solubles totales en comparación con el testigo lo que indica que la utilización de lactato de calcio a una concentración del 4% con 5 minutos resulta favorecedora.

Finalmente, respecto a la pérdida fisiológica de peso también se encontraron diferencias significativas, los peores tratamientos fueron el 1, 9 y 10, los mejores tratamientos se encontraron a concentraciones del 2% y 6% a 5 minutos de inmersión.

# CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) es un fruto rico en compuestos fenólicos, pigmentos y vitaminas que se han identificado como componentes nutraceuticos. Por tal motivo, la fresa es considerada un alimento funcional, es decir, que su consumo ejerce una acción benéfica en la salud y en la prevención de enfermedades en el ser humano (Akhatou, 2016). Estas características la convierten en un fruto de interés desde el punto de vista nutricional. Aunado a ello, la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) es un fruto no climatérico, es decir, que necesariamente debe alcanzar su madurez de consumo en la planta antes de ser cosechada. Debido a sus condiciones fisiológicas y a su elevada tasa de respiración, es un fruto altamente perecedero y con muy corta vida de almacenamiento. Además, la fresa tiene otras características como: estructura frágil y alta susceptibilidad al daño mecánico por la manipulación poscosecha. Su estructura presenta un alto contenido de humedad que la hace susceptible al ataque por microorganismos, generando grandes pérdidas durante la vida poscosecha y ocasionando una disminución en la calidad del fruto (Escalante, 2015; Quiroga, 2019). Se estima que los procesos de deterioro causan a los agricultores pérdidas de hasta 40% del total de la cosecha, en general, alrededor de un tercio de los cultivos producidos nunca son consumidos por los seres humanos (León, 2015; Copa, 2017).

En la industria frutícola existen diferentes frutos y verduras que comparten características con la fresa en cuanto a su corta vida útil y su propensión a la contaminación microbiana y daño mecánico. Por este motivo, aumentar la vida útil de los frutos es un importante desafío para esta industria, ya que son muchas las frutas y verduras que comienzan a deteriorarse desde el momento de su cosecha.

Los agricultores deben tener mucho énfasis en los cuidados y tratamientos poscosecha para obtener productos agrícolas sanos y de buena calidad que permitan mejorar el aprovechamiento de los frutos y vegetales y lograr la reducción de las pérdidas. Además, deben garantizar que el producto final se mantenga en condiciones ideales de consumo (León, 2015).

En la última década se han buscado diferentes tecnologías para extender la vida útil de productos frescos como la fresa sin alterar las características nutritivas y

sensoriales. Para ello se han usado diferentes métodos dentro de los cuales se encuentran; el almacenamiento a bajas temperaturas, la conservación por atmósferas controladas, la utilización de empaques plásticos, el uso de películas o revestimientos comestibles, tratamientos con calcio, entre otros (Valdiviezo, 2018).

El uso de sales de calcio, como el cloruro de calcio en tratamientos poscosecha, es considerado como una buena alternativa para reducir la incidencia de daños ya que se ha demostrado que las sales de calcio favorecen la reducción de trastornos fisiológicos en frutas y verduras evitando una reducción en el deterioro de estos (Naser et al., 2018). Actualmente se han descrito diferentes formas de calcio para el aumento de la vida útil en diferentes frutos, algunos ejemplos de estas son: cloruro de calcio, carbonato de calcio, citrato de calcio, propionato de calcio, fosfato de calcio, gluconato de calcio y lactato de calcio, sin embargo, aún carecen de investigación científica que sustente la viabilidad de su uso (Valdiviezo, 2018). Es por ello que en este proyecto se estudió el efecto de la concentración y el tiempo de exposición del lactato de calcio en los parámetros de calidad de la fresa.

# CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

## **2.1 Clasificación de los frutos**

Los frutos son definidos fisiológicamente con base en la presencia (climatéricos) o ausencia (no climatéricos) de un aumento en la respiración y en la síntesis de etileno al comienzo de la madurez de consumo (Martínez, 2019).

### **2.1.1 Frutos climatéricos**

Los frutos climatéricos son aquellos en donde el proceso de maduración se caracteriza por un rápido aumento en la velocidad de respiración y el desprendimiento de etileno, la velocidad de respiración se eleva llegando a un máximo cuando las frutas climatéricas maduran y luego declina hasta el comienzo del envejecimiento (Falconí, 2016).

Durante el proceso de maduración sufren cambios de color, textura y composición. Normalmente se recolectan en estado pre climatérico, y se almacenan en condiciones controladas para que la maduración no tenga lugar hasta el momento de sacarlas al mercado (Falconí, 2016).

### **2.1.2 Frutos no climatéricos**

Los frutos no climatéricos deben ser recolectados cuando maduren plenamente, si son recolectados antes de tiempo, su calidad como alimento disminuye debido a que posteriormente estos ya no pueden madurar. El proceso de madurez es gradual pero continuo, su maduración es lenta debido a un gradual decrecimiento en la tasa de respiración, cabe mencionar que no presentan cambios bruscos en su aspecto y composición (Caudillo, 2016; Falconí, 2016).

Por lo general, los frutos no climatéricos no tienen acumulación de almidón durante su desarrollo, su sabor es agradable y dulce por la presencia de sacarosa, la cual es acumulada durante la primera parte de la vida de la fruta. Por esta razón deben cosecharse en su madurez completa para que su sabor sea aceptable por el consumidor (Falconí, 2016).

Por ende, la medición de azúcares puede indicarnos el nivel de madurez del fruto, en la mayoría de los casos, en este valor se ve reflejado de manera exacta la dulzura de la fruta (Falconí, 2016).

**Tabla 1. Clasificación de frutas según su estructura y ritmo respiratorio.**

Clase	Intensidad Respiratoria	Frutas	
		Climatéricas	No climatéricas
<b>Muy baja</b>	<5	-	
<b>Baja</b>	5-10	Manzana, pera asiática, (algunos cultivares), kiwi, papaya, caqui, ciruela, membrillo	Dátil, uva, pepino, piña
<b>Moderada</b>	11-20	Plátano, arándano, higo, guayaba, zapote	Higo chumbo, cereza, limón, lima, mandarina, naranja, granada
<b>Alta</b>	21-30	Aguacate, maracuyá	Grosella, lichi, tamarillo, carambola
<b>Muy alta</b>	>30	Chirimoya, guanábana	Mora, frambuesa, <b>fresa</b>

(Rincón, 2014).

## 2.2 Descripción botánica de la fresa

La planta de fresa pertenece al género *Fragaria* de la familia *Rosaceae*, la planta es perenne, pequeña de tipo herbáceo, cuenta con un sistema radicular fasciculado, compuesto por raíces y raicillas, posee una gran cantidad de hojas, originadas en

una corona o rizoma demasiado corta, localizada a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta (SIAP, 2019).

La fresa es un fruto de pulpa blanda, de color rojo, y una forma ovoide oblonga más o menos redondeada, presenta un sabor dulce y aroma característico, se desarrolla a partir de una flor con un gineceo coricárpico (donde cada carpelo representa un carpido) y en la que el androceo se ha multiplicado de modo secundario por intercalación. A partir de los carpelos se producen frutos monocarpelares indehiscentes denominados aquenios que se disponen sobre la superficie del eje floral, el cual adopta un aspecto cónico y una textura carnosa (receptáculo) para dar lugar a un fruto compuesto. Por lo tanto, la fresa es un fruto que contiene una estructura de falso fruto constituido por un receptáculo carnoso en cuyo exterior se encuentran los aquenios (verdaderos frutos) (Medina, 2015).

### 2.3 Clasificación taxonómica de la fresa

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la fresa.

<b>Taxón</b>	<b>Clasificación científica</b>
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Manoliopsida</i>
<b>Subclase</b>	<i>Rosidae</i>
<b>Orden</b>	<i>Rosales</i>
<b>Familia</b>	<i>Rosaceae</i>
<b>Subfamilia</b>	<i>Rosoidae</i>
<b>Tribu</b>	<i>Potentilleae</i>
<b>Subtribu</b>	<i>Fragariinae</i>
<b>Género</b>	<i>Fragaria</i>

(Escalante, 2015; Copa, 2017).

## **2.4 Composición nutrimental de la fresa**

El fruto maduro está compuesto de agua y sólidos solubles aproximadamente en un 90% y 10% respectivamente, son ricas en vitamina C (ácido ascórbico), se ha demostrado que una ración de fresas de 150 gramos, contienen 85.05 mg de vitamina C, lo que indica que una porción diaria de fresas aporta los requerimientos dietéticos diarios recomendados de esta vitamina. Los principales azúcares solubles de la fresa son la glucosa y la fructosa constituyendo más del 80% de los azúcares totales y el 40% del peso total seco, mientras que los niveles de sacarosa se encuentran en menor cantidad (Medina, 2015).

Además, el ácido cítrico es el principal ácido orgánico que se encuentra en la fresa, constituyendo el 88% de los ácidos totales seguido del ácido málico y el ácido ascórbico que van incrementando su contenido dentro del fruto antes de ser cosechado. Del mismo modo, también se encuentran importantes cantidades de ácido elágico, que se caracteriza por poseer propiedades antioxidantes y anticancerígenas. Cabe destacar que las concentraciones de todos estos componentes dependen del estado de maduración del fruto (Medina, 2015).

**Tabla 3. Composición del fruto de fresa (por 100 g de peso fresco).**

Nutriente	Contenido	Nutriente	Contenido
Agua	92 g	Vitaminas	
Proteínas	0,6g	Vitamina C	56,7 mg
Ácido elágico	0,09-0,4mg	Otras	<0,5mg
Carbohidratos totales	7g	Lípidos	
Fibra	0,5 g	Saturados	0,02 mg
Minerales(mg)		Monoinsaturados	0,052 mg
Ca	14 mg	Poliinsaturados	0,186 mg
Fe	0,4 mg	Colesterol	0
P	19 mg	Fitoesteroles	12 mg
Mg	10 mg		
K	166mg	Aminoácidos	
Na	1mg	Todos (n=18)	522mg
Zn, Cu, Mn	<0,5 mg		

(Medina, 2015).

## 2.5 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos, también conocidos como compuestos polifenólicos son metabolitos secundarios encontrados en las plantas derivados de las vías de shiquimato y de los fenilpropanoides. Se clasifican en dos grupos: flavonoides (F) y no-flavonoides, dentro de los flavonoides encontramos a los flavonoles (FN), flavonas (FAS), flavan-3-ols, isoflavonas (IF), flavanonas (FNA), dihidroflavonoles (DHF), antocianidinas y chalconas. Mientras que en el grupo de los no flavonoides están los ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, polifenoles volátiles, estilbenos y compuestos diversos (lignanós y cumarinas) (Valencia et al., 2017).

Se les atribuye capacidad antioxidante, por sus propiedades para captar especies reactivas de oxígeno y nitrógeno de importancia en la patogénesis de enfermedades, además intervienen como mediadores en diferentes vías de señalización. Dentro de

las propiedades atribuidas de estos compuestos se encuentran propiedades antiinflamatorias, antialérgicas, antitrombóticas, antimicrobianas, antineoplásicas y anticancerígenas de tal modo que son de gran interés para la industria farmacéutica (Valencia et al., 2017).

En frutos de fresa inmaduros, los compuestos fenólicos se encuentran en cantidades muy elevadas, produciéndose un descenso en su concentración a lo largo del proceso de maduración; su concentración durante la maduración depende de la variedad y condiciones de la planta (Medina, 2015).

Dentro de los compuestos fitoquímicos presentes en la fresa se encuentran las antocianinas en un 41%, flavan-3-oles en un 28%, 14% de elagitaninos, 13% de ácidos cinámicos, un 3% de flavonoles y 1% de ácido elágico. En general estos compuestos se encuentran dentro de las vacuolas (López, 2017).

### **2.5.1 Flavonas**

También conocidas como 2-fenil-4-cromonas, aportan color a las flores, hojas de otoño y a determinadas frutas. Se les han atribuido propiedades antiinflamatorias y son reconocidas por exhibir un amplio espectro de actividad biológica incluyendo antioxidante, anti-cáncer, anti-VIH, antihipertensivos, y propiedades antiinflamatorias (Prieto et al., 2016).

### **2.5.2 Taninos**

Los taninos la mayoría de las veces son incoloros, en algunas ocasiones presentan una variación de color entre amarillo y café; se clasifican en taninos hidrolizables o pirogálicos y no hidrolizables o condensados, a su vez los taninos hidrolizables se clasifican en galotaninos, esto es cuando derivan del ácido gálico y elagitaninos cuando derivan del ácido elágico (Olivas et al., 2014).

Los taninos son los responsables de la astringencia, que es provocada por la interacción de estos con las diferentes proteínas encontradas en la saliva,

inhibiendo su función lubricante haciendo que las partículas del alimento causen fricción y, en consecuencia, resequedad (Olivas et al., 2014).

A los taninos condensados se les han atribuido propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, por otro lado, los taninos hidrolizables han mostrado una alta capacidad biológica como antitumorales, anti-mutágenos, antidiabéticos y antibióticos (Olivas et al., 2014).

### **2.5.3 Antocianinas**

Las antocianinas son un grupo de compuestos fenólicos que se encuentran dentro del subgrupo de los flavonoides, su función principal es la coloración de los frutos, entre las antocianinas encontradas en la fresa la que predomina es la pelargonidina 3-glucósido (PG), seguido de la cianidina 3- glucósido (CG), siendo la primera la responsable del color rojo brillante que caracteriza al fruto (Medina, 2015; Akhatou, 2016).

Por otro lado, intervienen en la floración y actúan como antioxidantes, la luz y la temperatura son los principales factores ambientales que regulan la síntesis de estos compuestos; la primera la estimula y las altas temperaturas parecen inhibirla (Esteves, 2016).

Es importante destacar que las funciones biológicas de las antocianinas se clasifican en 2 tipos: las primeras están relacionadas con su capacidad antioxidante mientras que las segundas están implicadas en la modulación de las vías de señalización celular. En general las antocianinas son de gran importancia ya que se les atribuyen efectos terapéuticos como la prevención y/o disminución de la aterosclerosis, reducción de la incidencia de enfermedades cardiovasculares; actividad anticancerígena; antiinflamatoria; mejora de la agudeza visual y de comportamiento cognitivo, entre otras (Esteves, 2016).

## **2.6 Importancia económica**

El cultivo de fresa es de gran importancia económica, actualmente México se posiciona en el tercer lugar de los principales exportadores a nivel mundial, dado que la fresa es un fruto altamente consumido en un 53.9% como fruto fresco, 37.6% en producto congelado y en un 8.5% como producto procesado en mermeladas y zumos gracias a sus propiedades organolépticas, a su contenido fitoquímico, y compuestos fenólicos. Michoacán, Baja California y Guanajuato son los principales estados productores de fresa y el primero de ellos se posiciona como líder nacional (López *et al.*, 2018; SIAP 2020).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020), el volumen mínimo en la producción mensual de fresa en México es de 15 mil toneladas, mientras que el máximo es de 234 mil toneladas. La fresa mexicana ha adquirido reconocimiento internacional, debido a que en el 2019 se consolidó un nuevo máximo histórico en volumen exportado con una cifra de 286 mil 915 toneladas, siendo Nueva Zelanda, Líbano y Tailandia importadores por primera vez de la fresa mexicana y América del Norte colocándose como el mayor importador de este fruto.

**Tabla 4. Principales entidades productoras a nivel nacional.**

<b>Rango</b>	<b>Entidad Federativa Total nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Volumen (toneladas)</b>	<b>Variación (%) 2018-2019</b>
<b>1</b>	Michoacán	Centro-Occidente	564,554	24.1
<b>2</b>	Baja California	Noroeste	200,571	72.2
<b>3</b>	Guanajuato	Centro-Occidente	79,752	18.7
<b>4</b>	México	Centro	7,770	11.4
<b>5</b>	Aguascalientes	Centro-Occidente	3,069	21.8
<b>6</b>	Baja California Sur	Noroeste	2,520	58.7
<b>7</b>	Jalisco	Centro-Occidente	1,671	-24.6
<b>8</b>	Zacatecas	Noroeste	433	79.3
<b>9</b>	Puebla	Centro	352	-30.3
<b>10</b>	Tlaxcala	Centro	273	0.6
	Resto		373	-49.3

**SIAP 2020.**

## **2.7 Parámetros de calidad de la fresa**

La extensión de la vida útil de la fresa es influenciada por distintos factores intrínsecos, dentro de estos encontramos, la tasa de respiración denominado como uno de los más importantes, y este a su vez es influenciado por circunstancias como tamaño, variedad, condiciones de crecimiento, estado de madurez, composición atmosférica y temperatura. Por lo tanto, la vida útil del fruto puede verse mejorada teniendo un control de los procesos de deterioro e inactivación de procesos fisiológicos (Escalante, 2015).

### **2.7.1 Respiración**

La respiración es el proceso mediante el cual los carbohidratos, proteínas y grasas (reservas orgánicas) son degradados a productos finales simples con una liberación de energía. En consecuencia, de la pérdida de reservas orgánicas durante la respiración, conlleva a una aceleración la senescencia, ocasionando una reducción del valor nutritivo para el consumidor, pérdida de sabor y pérdida de peso. Generalmente la velocidad de deterioro (percecibilidad) de la fruta es proporcional a su velocidad de respiración (Copa, 2017).

Las fresas se caracterizan por presentar una alta tasa de respiración (50-100  $\text{mlCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  a 20°C), como se mencionó anteriormente, esta será dependiente de la temperatura, tiempo de almacenamiento, estado de maduración, concentración gaseosa, cantidad de etileno, etc. (Escalante, 2015).

### **2.7.2 Transpiración**

La pérdida de agua es considerada como la principal causa del deterioro debido a qué se producen pérdidas cuantitativas directas (pérdida de peso vendible), pérdidas en la apariencia (marchitamiento y deshidratación), calidad de la textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de jugosidad) y calidad nutritiva. Cabe señalar que pérdidas de peso del 3-6% por transpiración son suficientes para que el fruto pierda su brillo característico y muestre un aspecto envejecido (Copa, 2017).

Como desventaja de la fresa, esta se caracteriza por presentar una epidermis constituida por una fina capa de células, lo que produce un inadecuado control de la transpiración (Copa, 2017).

Existen diferentes factores internos y factores ambientales por los cuales la tasa de transpiración se ve influenciada, dentro de los factores internos se encuentran características morfológicas y anatómicas, la relación superficie-volumen, lesiones superficiales, y de la etapa de madurez y dentro de los factores ambientales encontramos la temperatura, humedad relativa, movimiento de aire y presión atmosférica (Copa, 2017).

La transpiración (evaporación de agua de los tejidos de las plantas) es un proceso físico que puede ser controlado mediante la aplicación de diferentes recubrimientos o por la manipulación de factores ambientales como la humedad relativa y el control de la circulación de aire (Copa, 2017).

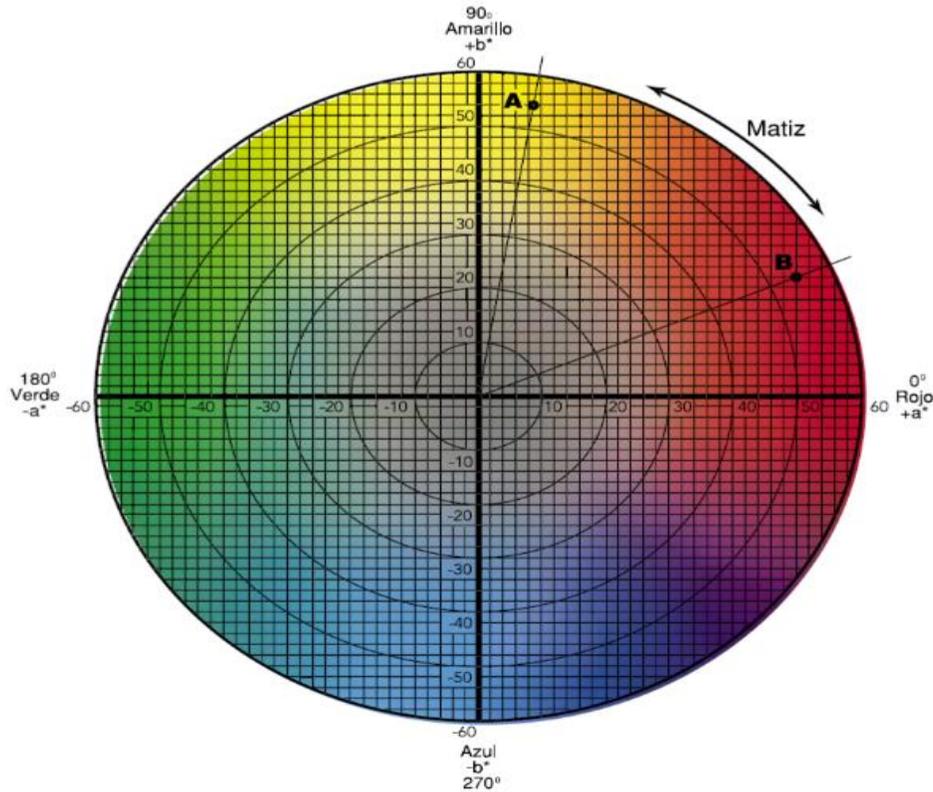
### **2.7.3 Color**

El color es de gran importancia ya que es el parámetro que más información proporciona sobre la evolución de las fresas, los consumidores manifiestan su preferencia por los productos de apariencia atractiva y el color es el primer atributo que se juzga.

Según Bello (2008) el color es la propiedad que podemos apreciar mediante el sentido de la vista, cuando le estimula la luz reflejada por el alimento que contiene sustancias llamadas cromóforos, estas son capaces de absorber parte de las radiaciones luminosas dentro de una determinada longitud de onda.

Marcano (2018) menciona que el color forma parte de la percepción visual, el cual depende de un estímulo y del observador. El color que “vemos” depende de cada individuo, pues cada uno percibe la radiación electromagnética (luz) en la región visible (400-700 nm) dependiendo de sus receptores.

Por tal motivo, en la medición de color se utilizan diferentes escalas, una de estas es la CIEL  $a^*$   $b^*$ , que se define como un sistema coordinado cartesiano determinado por tres coordenadas rectangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) de magnitudes adimensionales, este sistema permite precisar estímulos de color en un espacio tridimensional. El eje L es el eje de luminosidad, va de rango 0 (negro) a rango 100 (blanco), mientras que los otros dos ejes de coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ , representan variación entre rojo-verdoso y amarillento-azulado, respectivamente (Véase Figura 1) (Escalante, 2015; Lopez, 2017).



**Figura 1. Gráfica de color CIELAB.**

#### **2.7.4 Firmeza**

La textura también es un parámetro de calidad de gran importancia ya que nos proporciona el grado de madurez del fruto. Para la obtención de firmeza se utiliza la penetración, compresión, tensión, entre otras, de entre las cuales la penetración es la más utilizada en las fresas. También, es importante mencionar que, durante el almacenamiento, factores como variedad, temperatura, tiempo de almacenamiento y concentraciones gaseosas influyen sobre la firmeza (Escalante, 2015).

La firmeza de la fruta está determinada por la turgencia celular, las características y composición de la pared celular. Es importante señalar que entre los constituyentes principales de las paredes celulares se encuentran la celulosa, hemicelulosa, proteínas y sustancias pécticas. Los compuestos pécticos insolubles

localizados en la lámina media son responsables de la cementación entre células y, por tanto, confieren consistencia al tejido (Zamora, 2015; Santiago, 2016).

Durante el reblandecimiento del fruto, el ablandamiento progresivo de los frutos es consecuencia del proceso de desmantelamiento de la pared celular en donde ocurre la solubilización y despolimerización de pectinas y hemicelulosas, la pérdida de azúcares neutros de pared, el incremento de hinchamiento de la pared y la disolución de la lámina media, lo que ocasiona una modificación significativa de las propiedades mecánicas de la pared y una reducción de la adhesión celular, dando lugar finalmente a una pérdida de firmeza (Zamora, 2015; Santiago, 2016).

Las pectinas representan aproximadamente el 60% de la masa de la pared celular en muchos frutos y son el componente más abundante de la lámina media. Estos polisacáridos son un factor muy importante en la consistencia de la fruta y en sus cambios de textura durante la maduración, por lo que la degradación de pectinas es considerada como el principal mecanismo del reblandecimiento del fruto de fresa (Medina, 2015).

#### **2.7.5 Contenido de sólidos solubles**

Dentro de los sólidos solubles encontramos el conjunto de determinados azúcares como la glucosa, fructosa y sacarosa, ácidos orgánicos como el ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico y compuestos fenólicos (Escalante, 2015).

Medir la cantidad de azúcar en la fruta es esencial para su consumo en fresco y para la elaboración de ciertos productos procesados. Por tal motivo las normas nacionales e internacionales exigen que se mantenga un contenido específico de grados Brix. Los grados Brix son el porcentaje de sólidos solubles presentes en cada fruto, por lo tanto, este valor nos indica la cantidad de azúcar presente, lo que influye altamente en el sabor. En general la fruta fresca presenta como media un 10% de azúcar, no obstante, estas cifras pueden variar en función de especie y variedad, condiciones y tratamientos fitosanitarios durante su cultivo, condiciones de almacenamiento y estado de maduración (Palchisaca, 2018).

Tras el almacenamiento de los frutos ocurre un aumento de los sólidos solubles, esto es debido a la actividad de la enzima sacarosa fosfato sintasa, además las protopectinas en las paredes celulares se hidrolizan a pectinas solubles, por lo que contribuyen al aumento de la concentración de los sólidos solubles (Lopez, 2017).

### 2.7.6 Acidez titulable

Los resultados de la acidez titulable se ven reflejados en cantidad de ácido cítrico, esto es debido a que este ácido es el más abundante en la fresa. La acidez titulable es indispensable para conocer el avance en el grado de madurez en las fresas, parámetro resultante de la relación entre la cantidad de sólidos solubles presentes respecto al contenido de acidez (Escalante, 2015).

Por lo general la acidez titulable disminuye conforme avanza el proceso de maduración, los ácidos son utilizados como sustratos durante la respiración, por lo que la respiración supone un descenso en la acidez (Condori, 2017).

**Tabla 5. Composición en ácidos y °Brix de algunas frutas de importancia comercial.**

Fruta	Ácido principal	% típico de ácidos	Grados °Brix
Manzana	Málico	0.27- 1.02	9.12-13.5
Plátano	Málico	0.25	16.5-19.5
Cereza	Málico	0.47-1.86	13.4-18.0
Arándano	Málico	0.70-0.98	12.9-14.2
	Cítrico	0.9-1.36	
<b>Fresa</b>	<b>Cítrico</b>	<b>0.95-1.18</b>	<b>8-10.1</b>
Uva	Tartárico	0.84-1.16	13.3-14.4
	Málico		
Limón	Cítrico	4.82-8.33	7.1-11.9
Naranja	Cítrico	0.68-1.20	9-14

(Rincón, 2014).

### **2.7.7 Índice de madurez**

El índice de madurez es la relación entre el contenido de sólidos solubles y la acidez presente en la fruta. Este parámetro suele ser muy utilizado dado que conforme el fruto va madurando la cantidad de azúcares aumenta y el contenido de ácidos disminuye (Escalante, 2015).

Sin embargo, en resumen, los requerimientos mínimos de calidad de acuerdo con la NMX-FF-062-2002. PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO. FRUTA FRESCA. FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch) que debe cumplir son:

- a) Estar sanas y de aspecto fresco
- b) Estar enteras y bien desarrolladas
- c) Al menos con tres cuartas partes de la superficie mostrando un color rosa o rojo tenue
- d) Estar limpias, exentas de materia extraña visible
- e) Ser de forma, sabor y olor característicos de la variedad
- f) Tener consistencia firme
- g) Tener pedúnculo con una longitud máxima de 1,5 cm antes del envase
- h) Estar prácticamente exentas de magulladuras
- i) Exentas de daños por sol
- j) Exentas de polvo, tierra o materia orgánica
- k) Exentas de daños causados por plagas
- l) Libres de descomposición, pudrición y moho causado por microorganismos
- m) Estar exentas de daños por refrigeración y variaciones en la temperatura y
- n) Estar exentas de humedad exterior anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.

**Tabla 6. Clasificación de daños permitidos para fresa en función de su origen e incidencia.**

Origen del defecto	Tipo de defecto		
	Menor	Mayor	Crítico
Mecánico	Presenta pérdida de firmeza y el área afectada está ligeramente reblandecida con respecto al resto de la superficie, ocupa hasta un 5 %.	El área afectada está sin firmeza y la piel presenta un color más oscuro y ocupa del más del 10 % y no más del 15 % de la superficie.	La pulpa está sin firmeza y la piel presenta un color oscuro y ocupa un área mayor del 15 % de la superficie.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magulladuras</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raspaduras</li> </ul>	La fruta se encuentra sin piel en un área de hasta 0,40 mm <sup>2</sup> de la superficie.	La fruta se encuentra sin piel en un área mayor de 0,40 mm <sup>2</sup> y hasta 0,80 mm <sup>2</sup> de la superficie.	La fruta se encuentra sin piel en un área mayor de 0,80 mm <sup>2</sup> de la superficie.
Climático	Presenta un color rojo más intenso en el área afectada, es notable una ligera resequeidad en esta zona y se encuentra afectando un área mayor de 0,25 mm <sup>2</sup> y hasta 1,00 mm <sup>2</sup> .	Presenta un área afectada mayor de 1,00 mm <sup>2</sup> y hasta 2,50 mm <sup>2</sup> .	Presenta un área afectada mayor de 2,50 mm <sup>2</sup> .
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras de sol</li> </ul>			
Genético fisiológico	Se altera ligeramente la forma característica y afecta la apariencia.	Se altera la forma característica y afecta seriamente la apariencia.	Se altera la forma característica y afecta muy seriamente la apariencia.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformación</li> </ul>			
Entomológico	La fruta se encuentra sin aquenios, el área afectada es mayor del % y hasta el 10 % de la superficie.	El área afectada es mayor del 10 % y hasta de 15 % de la superficie.	El área afectada es mayor de 15 % de la superficie.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa sin aquenios</li> </ul>			

• Picaduras	Presenta perforaciones ocupando un área de hasta 0,4 mm <sup>2</sup> .	Presenta perforaciones en la superficie de la fruta en un área mayor de 0,4 mm <sup>2</sup> y hasta de 2,50 mm <sup>2</sup> .	Presenta perforaciones en la superficie de la fruta en un área mayor de 2,50 mm <sup>2</sup> .
Otros	La fruta presenta materia extraña adherida, afectando un área mayor hasta del 5 % de la superficie.	La fruta presenta materia extraña adherida, afectando un área mayor del 5 % y hasta 10 % de la superficie.	La fruta presenta materia extraña adherida, afectando un área mayor de 10 % de la superficie.
• Fruta contaminada			

En cuanto al tamaño de las fresas, se determina con base en su diámetro ecuatorial.

**Tabla 7. Clasificación de tamaño**

Clase	Intervalo de diámetro ecuatorial (cm)		
	A	3,2	o
B	2,6	a	3,1
C	2,0	a	2,6
D	1,6	a	1,9

En la tabla 7 podemos observar la clasificación de la variación de tamaño que puede presentar la fresa, en este caso la clase A es el tamaño más deseado y por lo tanto de mayor calidad, por ende, entre más pequeño es el fruto menor calidad (D).

## **2.8 Enfermedades de la fresa en la etapa poscosecha**

Los microorganismos como bacterias, levaduras y mohos constituyen un factor muy importante en las frutas y hortalizas procesadas en fresco, se sabe que son responsables de hasta el 15% de daños durante la poscosecha, los frutos con signos de crecimiento microbiano son estéticamente desagradables y no aceptables para el consumidor, por tal motivo son un factor importante en cuanto a pérdidas económicas, siendo la principal causa de pérdida en poscosecha (Vite, 2015; Colchado & Velasquez, 2015).

### **2.8.1 Moho gris (*Botrytis cinerea*)**

Este hongo puede infectar pétalos, pedúnculos y frutos, el tejido dañado se caracteriza por presentar un micelio blanco que se torna de color gris cuando se produce la esporulación, esto a consecuencia de factores como poca ventilación, luz y alta humedad relativa, la fruta puede infectarse antes de la cosecha o durante el transporte o almacenamiento (Colchado & Velasquez, 2015; Iza, 2020).

### **2.8.2 Podredumbre por *Rhizopus* (*Rhizopus stolonifer*)**

La pudrición por *Rhizopus* es causada por el hongo *Rhizopus stolonifer*, las esporas de dicho hongo generalmente se encuentran presentes en el aire y se propagan fácilmente. La característica de esta enfermedad es el ablandamiento del fruto y exudado. El hongo no crece a temperaturas inferiores a 4°C, por lo que un buen manejo a temperaturas adecuadas es un buen método para evitar el crecimiento de *Rhizopus stolonifer* (Colchado & Velasquez, 2015; Iza, 2020).

### **2.8.3 Antracnosis (*Antracnosis*)**

Se puede observar en hojas, flores y frutos en forma de puntos con un diámetro aproximado de 2 a 3 mm. La textura de las lesiones generalmente es firme y pueden estar rodeadas por un borde oscuro. A medida que la enfermedad avanza, se forman masas de esporas anaranjadas en las lesiones de la fruta (Iza, 2020).

## **2.9 Tratamientos poscosecha**

La disminución de la firmeza del fruto es considerada como la principal causa de pérdida de calidad de los frutos maduros y supone una importante limitación del periodo poscosecha. Por esta razón, la manipulación comercial de la fresa durante su recolección se debe reducir al mínimo para evitar el posible daño físico a los frutos, considerando como opción prometedora la utilización de diferentes métodos para alargar la vida útil del fruto, entre estos se pueden mencionar el almacenamiento a bajas temperaturas, aplicación de radiaciones gamma y ultravioleta, la conservación por atmósferas controladas, la utilización de empaques plásticos, el uso de películas o revestimientos comestibles, tratamientos con calcio, entre otros (Santiago, 2016).

### **2.9.1 Tratamiento con bajas temperaturas**

El almacenamiento a bajas temperaturas es una técnica muy utilizada para la conservación de frutas, estas son almacenadas a temperaturas bajas, siempre y cuando sea por encima de su punto crítico para así poder mantener sus cualidades organolépticas, nutritivas, físicas, entre otras. La conservación mediante refrigeración bajo condiciones óptimas permite disminuir pérdidas cualitativas y cuantitativas ocasionadas por procesos fisiológicos y por descomposición, retrasa la maduración, senescencia y prolonga la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general (Valdiviezo, 2018).

### **2.9.2 Recubrimientos comestibles**

Los recubrimientos comestibles se definen como una capa muy delgada de material comestible, elaborados con biopolímeros naturales de alto peso moleculares, son colocados en un alimento como cobertura para un propósito en específico, extender la vida útil de frutas y verduras (Fernández *et al.*, 2017).

La utilización de estos provoca una reducción en la pérdida o ganancia de humedad lo que provoca una modificación en la textura y turgencia, también ayudan a que ocurra una disminución en la velocidad de procesos como la respiración, así como también retrasan el envejecimiento, lo que conlleva una mejor calidad y valor

comercial del fruto. De igual manera actúan como conductos para adherir aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, agentes antipardeamiento, antimicrobianos y agentes de textura (Copa, 2017).

### **2.9.3 Atmosferas controladas**

Se define como una técnica frigorífica de conservación, se realiza una modificación en la composición de ciertos gases como O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y en algunas ocasiones N<sub>2</sub>, este proceso lleva a cabo un control de regulación de variables físicas del ambiente, tales como temperatura, humedad y circulación del aire. Las modificaciones en la concentración de dichos gases dependerán de las exigencias del producto (Pinto et al., 2016).

Esta técnica asociada al frío enfatiza el efecto de refrigeración sobre la actividad de los tejidos, lo que ocasiona una ralentización en las reacciones bioquímicas provocando una mayor lentitud en la respiración celular y por lo tanto retrasa la maduración de los frutos (Pinto *et al.*, 2016).

### **2.9.4 Tratamientos con calcio**

Alrededor de los años se ha utilizado la aplicación de sales de calcio como tratamiento poscosecha de frutas, se ha comprobado que la aplicación de este ayuda a extender la vida de almacenamiento gracias a que el calcio mantiene la turgencia celular, firmeza de los tejidos y el retardo de catabolismo de lípidos de la membrana (Rincón *et al.*, 2015).

Algunas formas de calcio utilizadas con esta finalidad son el cloruro de calcio y el lactato de calcio. Cabe señalar que la utilización de calcio como tratamiento poscosecha radica en que este juega un papel muy importante en la estabilización de la membrana celular puesto que mantiene la permeabilidad selectiva y la integridad de esta. Las sales de calcio cumplen la función de agentes reafirmantes a causa de que los iones de calcio actúan sobre las cadenas de pectina para formar

puentes entre éstas, aumentando la fuerza de la pared celular (Rincón *et al.*, 2015; Valdiviezo, 2018).

Asimismo, el calcio tiene una influencia positiva en los fosfolípidos de la membrana y en la preservación de la integridad de la membrana gracias a que participa en el retardo de los cambios de los lípidos relacionados a la senescencia, además aumenta los procesos de restructuración de la membrana celular (Rincón *et al.*, 2015).

Del mismo modo se ha reportado que la aplicación de calcio limita la incidencia de daños por frío. Actualmente existen dos principales métodos utilizados para la aplicación del calcio, inmersión de la fruta y procesos de infiltración al vacío. Generalmente los tratamientos de inmersión son utilizados para productos perecederos, el método consiste en remojar el producto, a veces aplicando agitación mecánica seguido de la eliminación del exceso de solución usada. El tiempo de inmersión tiene una variación de 5 a 30 minutos y la concentración de calcio de 0.5 a 6%. En cuanto a los procesos de infiltración al vacío, se llevan a cabo mediante la inserción de la solución de calcio en los espacios intracelulares por gradientes capilares y de presión, hay que resaltar que los espacios se generan cuando el aire es extraído de los poros del tejido tras aplicación de vacío y restauración de condiciones atmosféricas (Valdiviezo, 2018).

Es necesario recalcar que en los últimos años se han analizado distintas alternativas de conservación alimentaria las cuales permitan preservar los parámetros de calidad en los productos perecederos. Así por ejemplo las sales de calcio, anteriormente mencionadas, han sido evaluadas en una gran variedad de frutos, como jitomate, tuna, piña, melón, moras y fresa. No obstante, esta alternativa aún carece de investigaciones estandarizadas en cuanto a concentraciones y tiempos adecuados para la inmersión de frutos en las soluciones de calcio (Condori, 2017).

## **2.10 Importancia del calcio en la planta**

Es preciso señalar que el calcio es un nutriente esencial para la planta, es indispensable en funciones estructurales en la pared celular y membranas, es un

cación que funciona oponiéndose a los aniones inorgánicos y orgánicos en la vacuola y como un mensajero intracelular en el citosol. El calcio se incorpora fácilmente al apoplasto y se ensambla de una forma intercambiable a la pared celular y a la superficie de la membrana plasmática (Valdiviezo, 2018).

Es necesario resaltar que la mayor función del calcio está relacionada con su capacidad de coordinación mediante la cual proporciona enlaces intermoleculares estables especialmente en las paredes celulares y la membrana plasmática, es importante mencionar que estos enlaces pueden ser reversibles. Hay que resaltar que las uniones mediadas por el calcio se ven influenciadas por los cambios locales de las condiciones ambientales y son parte del mecanismo de control del crecimiento y los procesos de desarrollo (Valdiviezo, 2018).

Es de suma importancia mencionar que el calcio es un nutriente mineral no tóxico, incluso en altas concentraciones, asimismo es muy eficiente en la desintoxicación de altas concentraciones de otros elementos minerales en las plantas (Valdiviezo, 2018).

Dentro de la pared celular existen dos áreas diferentes en donde se encuentra el ion  $\text{Ca}^{2+}$ , a altas concentraciones, estas son la lámina media y la superficie de extensión de la membrana plasmática, en los dos sitios tiene funciones estructurales esenciales, por ejemplo, la regulación de la permeabilidad de la membrana y sus procesos relacionados, y el fortalecimiento de las paredes celulares (Valdiviezo, 2018).

# CAPÍTULO 3 JUSTIFICACIÓN

La fresa es un fruto perecedero, como consecuencia a la rapidez con la que ocurren ciertos procesos metabólicos como la tasa de respiración y transpiración. La vida comercial útil para este fruto oscila entre 5 y 7 días debido a las características físicas que posee, es muy susceptible a sufrir roturas o magulladuras por efecto de presiones de intensidad relativamente bajas, sufriendo un importante reblandecimiento en las fases finales de su maduración, lo que provoca una textura semilíquida muy pocos días después de su cosecha, por este motivo es de vital importancia cuidar la calidad, aspecto y textura para evitar su depreciación, siendo este el principal reto para productores y distribuidores (Santiago, 2016; Kessel, 2018).

Cabe resaltar que el porcentaje de las pérdidas es alto debido a la manipulación poscosecha del fruto, por consiguiente, existen diferentes técnicas con el fin de extender la vida útil de los frutos, dentro de estas podemos encontrar tratamientos con bajas temperaturas, recubrimientos comestibles, atmosferas controladas y tratamientos con calcio. En estos últimos tratamientos se usa una sal de calcio con un alto potencial a la contribución en la prolongación de la vida útil, preservando así los parámetros de calidad de alimentos perecederos como la fresa.

Actualmente, existe una gran variedad de reportes sobre el uso de cloruro de calcio, sin embargo, algunos autores señalan que el lactato de calcio es más favorable. Se ha encontrado que con el cloruro de calcio a las mismas concentraciones (entre 2% y 4%) se desarrollan sabores amargos y salados no agradables para los consumidores, estos sabores están asociados con la sal de cloruro. Por consiguiente, se recomienda la utilización de lactato de calcio como una mejor opción en comparación con el cloruro de calcio para alargar la vida útil de la fresa. El lactato de calcio además de evitar sabores no deseados proporciona mejores características en cuanto a la textura de los frutos (Naser *et al.*, 2018).

Con base en lo anterior, en este proyecto se propone evaluar el efecto de la concentración y tiempo de exposición de lactato de calcio en los parámetros de calidad de la fresa, con el fin de establecer valores estandarizados que ayuden a conservar el producto por más tiempo, disminuyendo la pérdida de agua,

manteniendo la forma, la firmeza y otros atributos de calidad del fruto durante el almacenamiento.

# CAPÍTULO 4 HIPÓTESIS

La exposición de frutos de fresa a un tratamiento poscosecha por método de inmersión con diferentes concentraciones de lactato de calcio diluido en agua durante 5, 10 y 15 minutos extenderá la vida útil del fruto.

# CAPÍTULO 5 OBJETIVOS

**5.1 Objetivo General.** Evaluar el efecto de la concentración y tiempo de exposición de lactato de calcio en los parámetros de calidad y vida útil de la fresa.

**5.2 Objetivos específicos.**

- ❖ Cuantificar la cantidad de sólidos solubles, firmeza, ácidos orgánicos e incidencia de enfermedades en frutos de fresa tratados y no tratados con lactato de calcio.
- ❖ Determinar el cambio de coloración en los frutos de fresa a través del tiempo.
- ❖ Determinar si existen diferencias estadísticas significativas en el tiempo de vida útil de fresas tratadas y no tratadas con lactato de calcio.

# CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMéx, ubicada en el Campus el Cerrillo. La fresa fue adquirida en el municipio de San Felipe del Progreso.

## **6.1 Diseño experimental.**

Se realizó un experimento completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x3 con 3 repeticiones. Se utilizaron concentraciones de lactato de calcio al 2%, 4% y 6%, cada uno a 5, 10 y 15 minutos de exposición. La evaluación de los parámetros de calidad se llevó a cabo durante 10 días, las muestras fueron tomadas los días 1, 4, 7 y 10.

### **6.1.1 Selección del fruto**

La selección de los frutos se realizó de forma manual con base en los estándares de calidad mencionados en la NMX-FF-062-2002, en lo referente a tamaño, forma, color uniforme y sin daños mecánicos o microbianos (Copa, 2017).

### **6.1.2 Limpieza y desinfección**

Las fresas fueron lavadas con agua de la llave para eliminar los restos de tierra y desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm durante 5 minutos para reducir la carga microbiana (Escalante, 2015; Campo *et al.*, 2016).

### **6.1.3 Secado del fruto**

Las fresas fueron colocadas sobre rejillas a temperatura ambiente por 20 minutos, para retirar el exceso de humedad (Escalante, 2015).

## **6.2 Aplicación de lactato de calcio**

Se realizó por inmersión de la fruta en agua con la adición de lactato de calcio a concentraciones de 2%, 4% y 6% durante 5, 10 y 15 minutos, luego de esto se dejaron escurrir sobre charolas para eliminar el exceso de agua (Copa, 2017).

### **6.3 Medición de tamaño**

Después de la aplicación de la solución de lactato de calcio, los frutos fueron medidos. Las medidas del tamaño del fruto se obtuvieron midiendo el diámetro ecuatorial con ayuda de un calibrador de Vernier (González, 2014).

### **6.4 Almacenado**

Los frutos fueron almacenados en condiciones de temperatura ambiente entre 17 y 25 grados celsius, fueron colocados en bandejas por un periodo de 10 días (Condori, 2017).

### **6.5 Determinación de firmeza**

Se utilizó un esclerómetro o también llamado penetrómetro de frutos. El inicio de la prueba comenzó cuando el émbolo entró en contacto con la superficie del fruto y terminó cuando lo atravesó (Zekrehiwot *et al.*, 2016).

### **6.6 Medición de color**

La medición de color de las muestras fue obtenida por el método propuesto por Zekrehiwot *et al.* (2016), en donde el cambio de color total se determinó mediante Internationale de L "Eclairage (CIE) Espacio de color  $L^* a^* b^*$  para evaluar el efecto del recubrimiento sobre el cambio de color de las muestras utilizando un fotocolorímetro.

### **6.7 Determinación de sólidos solubles totales**

La cuantificación de sólidos solubles fue obtenida con ayuda de un refractómetro portátil TOPINCN, expresando los valores obtenidos en °Brix (Dussán *et al.*, 2014).

### 6.8 Medición de acidez titulable

Se utilizó una solución de NaOH y fenolftaleína como indicador. Una vez que el matraz con la muestra alcanzó la tonalidad rosa deseada, se sustituyeron los valores en la siguiente ecuación (Guachamin, 2019).

Ecuación 2.

$$\% \text{ acidez} = \frac{V(N)(\text{MeqAc})}{m}(100)$$

Donde:

V: Consumo en ml de NaOH

N: Normalidad de NaOH

m: Peso de la muestra en gramos

Meq.Ac.: Miliequivalente  
del ácido predominante

### 6.9 Pérdida fisiológica de peso

Las pérdidas de peso de los frutos se registraron desde el día cero del tratamiento y posteriormente se registraron en intervalos de cada 3 días. La pérdida de peso porcentual relativa se calculó utilizando la siguiente ecuación (Villegas *et al.*, 2016).

Ecuación 4. 
$$\text{Pérdida de peso}(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i}(100)$$

Donde  $P_i$  es el peso tomado en el día 0 y  $P_f$  es el peso final del fruto en el periodo indicado.

### 6.10 Incidencia de enfermedades

La incidencia de la enfermedad se calculó como el número de frutos infestados que mostraron algún síntoma de enfermedad entre el número total de frutos de fresa almacenados de acuerdo con la ecuación 5 (Zekrehiwot *et al.*, 2016).

Ecuación 5. 
$$IM \text{ (Frecuencia)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ frutos infectados}}{\text{N}^\circ \text{ total de frutos}}(100)$$

### **6.11 Análisis estadístico**

Los experimentos se realizaron por triplicado, las muestras se tomaron cada tres días durante 10 días, posteriormente se realizó un ANOVA y una prueba de comparación de medias (Tukey) para determinar las diferencias entre las muestras.

# CAPÍTULO 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **7.1 Medición de tamaño**

Antes de comenzar con las pruebas destructivas los frutos fueron medidos, se encontró que en promedio sus diámetros ecuatoriales se encontraron en 3.63 cm, con una desviación estándar de 0.46485, según la NMX-FF-062-2002. PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO. FRUTA FRESCA. FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch) este valor se encuentra dentro de la clase A, es decir dentro del tamaño deseado donde alcanza el nivel más alto de calidad de acuerdo con el tamaño (Véase Tabla 7).

Los diferentes tratamientos se mantuvieron a las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa, encontrándose en un intervalo de 17.22°C-25.55°C y 42%-73% respectivamente.

### **7.2 Determinación de firmeza**

De acuerdo con la Tabla 8, se puede observar que en el día 1 no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, en la medición del día 4 podemos ver resultados estadísticamente diferentes, el tratamiento cuatro fue el que presentó menor firmeza (0.23kg/cm<sup>2</sup>), y el tratamiento 10, mayor firmeza (0.93kg/cm<sup>2</sup>). Esto puede deberse a que el calcio juega un papel importante en la estabilización de la pared celular por lo que podríamos deducir que a mayor concentración de calcio mayor estabilidad y por lo tanto mayor firmeza.

Al día 10 también podemos observar resultados estadísticamente diferentes encontrando al tratamiento 5 con el valor más alto (0.90kg/cm<sup>2</sup>), seguido del tratamiento 6 (0.73kg/cm<sup>2</sup>) y el tratamiento 7 (0.66 kg/cm<sup>2</sup>), respecto a los tratamientos que presentaron los valores de firmeza más bajos al día 10, se encontraron el tratamiento 2 (0.10kg/cm<sup>2</sup>), 1, 8 y 10 que presentaron el mismo valor de 0.20kg/cm<sup>2</sup>.

Cabe mencionar que el tratamiento 5 llegó al día 10 con el 79.64% de firmeza, el tratamiento 6 con el 60% y el tratamiento 7 con el 58%, en cuanto a los tratamientos con menor firmeza se encontró al tratamiento 2 con un porcentaje de 11.11%, seguido del tratamiento 10 con un porcentaje del 19.41%, el tratamiento 1 con el 20% y el tratamiento 8 con 22.22%. Comparando el testigo con el mejor tratamiento

(5) se encontró una diferencia del 59.64%, es decir el tratamiento 5 presentó 59.64% más firmeza en comparación con el tratamiento control donde no se aplicó lactato de calcio.

Analizando dichos resultados podemos ver resultados favorecedores al aumentar la concentración de lactato de calcio al 4%, ya que al aumentar la concentración al 6%, la pérdida de firmeza fue mayor, presentando valores similares al tratamiento 1, por lo que podemos deducir que la utilización de lactato de calcio al 6% no fue favorable para los frutos, ya que disminuyó la firmeza. Matta y Mosqueda (1995) afirman que concentraciones mayores de 4% pueden ser perjudiciales para la fruta debido a que se originan daños en la piel y facilitan el ataque de microorganismos.

Por lo tanto, encontramos que los tratamientos con un porcentaje de lactato de calcio al 4% presentaron los valores más altos de firmeza, es decir, 5, 6 y 7, posicionándose el tratamiento 5 como el mejor, esto puede deberse a que el tratamiento 6 y 7 tuvieron más tiempo de exposición dentro de la solución acuosa de lactato de calcio, esto pudo verse afectado debido a que la piel de la fresa es muy permeable al agua debido a que poseen una cutícula extremadamente delgada. Un exceso de agua alrededor del fruto puede provocar microfisuras que perjudican las propiedades de la barrera de la cutícula, y a su vez permiten la captación de agua a través de la superficie de la fresa, posteriormente la absorción del agua provoca que las paredes celulares sufran un rompimiento (Hurtado & Knoche, 2021).

Además, las células de la fresa tienen una gran cantidad de ácido cítrico y málico, estos ácidos aumentan la permeabilidad de las membranas plasmáticas, por lo que las células vecinas también comienzan a tener fugas, por lo tanto, se origina una acumulación de solutos en el apoplasto y a su vez la falta de turgencia. Por consiguiente, la absorción de agua por ósmosis es uno de los factores principales que provocan arrugamiento, agrietamiento y por lo tanto el deterioro de la fresa (Hurtado & Knoche, 2021).

En el presente trabajo con el transcurso del tiempo la firmeza se redujo en todos los tratamientos, pero las reducciones fueron menores a mayor concentración de lactato de calcio (4%), esto puede deberse a que el calcio forma redes

tridimensionales complejas al interior de las membranas, lo cual ocasiona un aumento de la resistencia mecánica por parte del fruto y en consecuencia una conservación de la textura, gracias a la preservación de su turgencia, por lo tanto, los resultados en la Tabla 8 muestran que al aumentar la cantidad de calcio los frutos aumentaron su resistencia mecánica gracias a la acción de este sobre las membranas externas del fruto (Gil *et al.*, 2019).

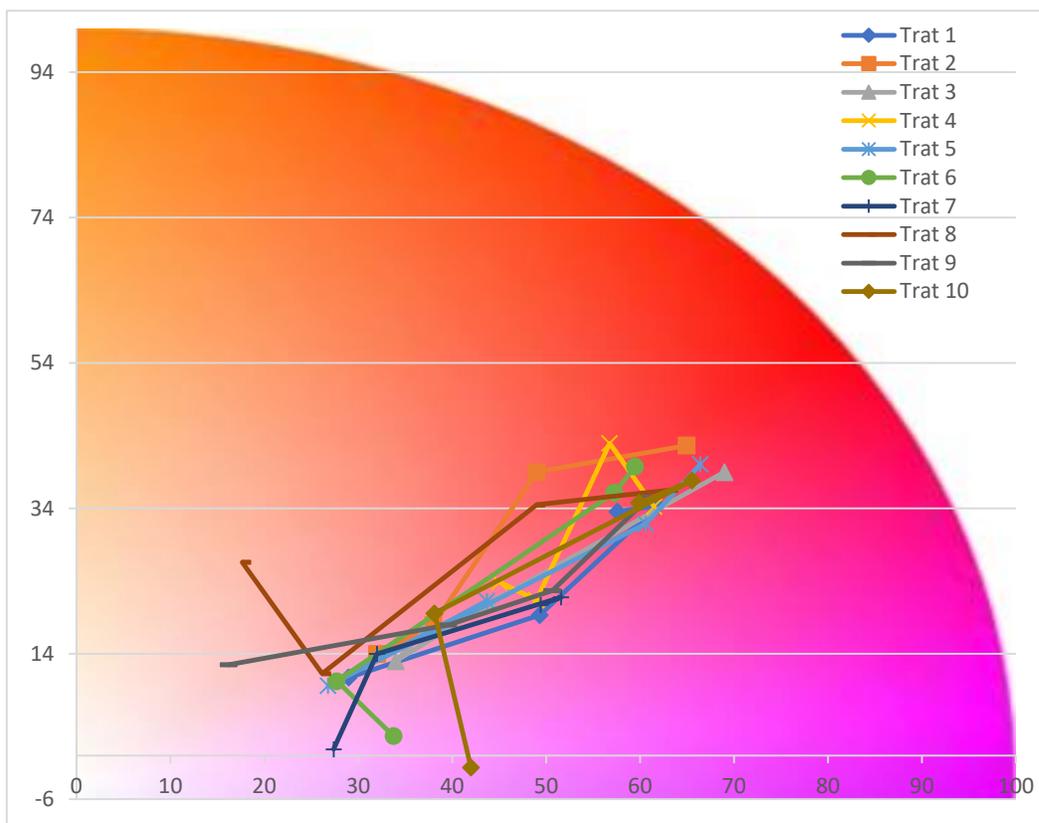
**Tabla 8. Datos de firmeza (kg/cm<sup>2</sup>) del fruto respecto a las diferentes concentraciones de lactato de calcio y tiempo de exposición.**

<b>Tratamiento</b>	<b>% Lactato de Calcio</b>	<b>Tiempo de exposición (minutos)</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 10</b>
1	0	0	1.00 <sup>a</sup>	0.63 <sup>ab</sup>	0.40 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>cd</sup>
2	2	5	0.90 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>d</sup>
3	2	10	0.96 <sup>a</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>bc</sup>	0.53 <sup>abc</sup>
4	2	15	1.06 <sup>a</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	0.40 <sup>bcd</sup>
5	4	5	1.13 <sup>a</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	0.66 <sup>a</sup>	0.90 <sup>a</sup>
6	4	10	1.20 <sup>a</sup>	0.80 <sup>a</sup>	0.30 <sup>abc</sup>	0.73 <sup>ab</sup>
7	4	15	1.13 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>	0.66 <sup>ab</sup>
8	6	5	0.90 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.26 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>cd</sup>
9	6	10	1.13 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.43 <sup>bcd</sup>
10	6	15	1.03 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>	0.30 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>cd</sup>

Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

### 7.3 Medición de color

A continuación, se muestran los cambios de color de los 10 tratamientos a lo largo del tiempo.



**Figura 2.** Medición y evolución de color del fruto de fresa en cada uno de los tratamientos, medido en el día 1, 4, 7 y 10.

Como es bien sabido el índice de madurez comercial está basado en el color del fruto, ya que es uno de los parámetros de calidad que más información proporciona sobre la evolución de este, por lo que el consumidor tiene preferencias por tonalidades rojas y brillosas. La madurez del fruto se asocia a una cierta cantidad de sólidos solubles totales (SST), que consiste aproximadamente en un 75% de azúcares, los cuales son los determinantes del sabor. Conforme el fruto va madurando, el color y el contenido de SST van evolucionando, sin embargo, es importante mencionar que esto depende de ciertos factores ambientales, en el caso de la fresa, las antocianinas son los principales compuestos que aportan el color al

fruto, son compuestos hidrosolubles inestables y se degradan con facilidad (Solórzano *et al.*, 2015).

Como podemos observar en los primeros días, todos los tratamientos presentaron tonalidades rojas, sin embargo, conforme pasaron los días el tono rojizo fue disminuyendo, al día 10 todos los tratamientos tuvieron colores muy similares, por lo que podemos deducir que el lactato de calcio no influyó en las tonalidades del color de la fresa. La pérdida de color puede explicarse debido a que durante el proceso de maduración ocurren diferentes cambios en la síntesis y degradación de antocianinas o por modificaciones en el tipo de antocianinas debido a cambios externos que afectan su metabolismo. Diferentes estudios han demostrado que hay una correlación positiva entre la síntesis de antocianinas y la intensidad de luz solar, en estos casos la luz aumenta la síntesis de antocianinas. Los cambios de temperatura también juegan un papel importante, se ha observado que ambientes con temperaturas bajas favorecen la acumulación de antocianinas, mientras que climas cálidos disminuyen la síntesis de estos compuestos (Martínez *et al.*, 2017; Vite, 2015).

#### **7.4 Determinación de sólidos solubles totales**

En la Tabla 9, medición del día 4, podemos observar diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento 5 se encontró con el valor más bajo de sólidos solubles totales (7.33 ° Brix) y el tratamiento 8 presentó la mayor cantidad (11.66 ° Brix). Finalmente, podemos observar que al día 10 el tratamiento 3 se encontró con el valor más alto (18.33 ° Brix) y el tratamiento 6 con el valor más bajo (7.66 ° Brix).

Al realizar un análisis a través del tiempo podemos observar que los tratamientos presentaron un incremento de sólidos solubles totales a excepción del tratamiento 6, dado que los resultados muestran que la cantidad de sólidos solubles totales al día 10 fue la misma que al día 1, lo que indica que el tiempo de vida útil fue mayor, por lo que podemos deducir que la exposición de lactato de calcio al 4% a 10 minutos de exposición resultó favorecedora, ya que a menor cantidad de sólidos solubles, menos maduro se encuentra el fruto. Además, cabe mencionar que el

tratamiento 5 se encuentra en el segundo lugar como mejor tratamiento ya que del día 1 al día 10 solo se observó un aumento del 1% de sólidos solubles totales, además los tratamientos 7 y 8 también tuvieron un ligero incremento (4.34%), por lo que dichos tratamientos pueden considerarse cómo los mejores.

A medida que avanzó el proceso de maduración se pudo observar un incremento considerable de sólidos solubles totales, esto se puede atribuir a que la pérdida de agua causada por la transpiración de la fresa provocó la concentración de azúcares. Además, la conversión de ácidos orgánicos en azúcares durante la maduración causó el incremento progresivo de estos. Esta tendencia tiene relación con un incremento del pH y una reducción de la acidez, a mayor cantidad de sólidos solubles, mayor madurez del fruto (Copa, 2017).

Es necesario resaltar que el tratamiento 5 tuvo un incremento del 1%, en comparación con el tratamiento 1, presentó 6% menos de sólidos solubles totales, por lo que dichos resultados indican que la utilización de lactato de calcio a una concentración del 4% con 5 minutos resulta favorecedora al retrasar el proceso de maduración, para concluir, los mejores tratamientos se encontraron a una concentración del 4%.

**Tabla 9. Datos de sólidos solubles (° Brix) totales respecto a las diferentes concentraciones de lactato calcio y tiempo de exposición.**

<i>Tratamiento</i>	<i>% Lactato de Calcio</i>	<i>Tiempo de exposición (minutos)</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 7</i>	<i>Día 10</i>
1	0	0	6.33 <sup>c</sup>	10.66 <sup>b</sup>	9.83 <sup>c</sup>	13.33 <sup>ab</sup>
2	2	5	7.66 <sup>bc</sup>	11.33 <sup>a</sup>	9.66 <sup>c</sup>	16.66 <sup>a</sup>
3	2	10	7.83 <sup>bc</sup>	11.00 <sup>a</sup>	10.66 <sup>b</sup>	18.33 <sup>a</sup>
4	2	15	9.33 <sup>ab</sup>	11.00 <sup>a</sup>	9.33 <sup>c</sup>	15.00 <sup>ab</sup>
5	4	5	10.66 <sup>a</sup>	7.33 <sup>d</sup>	11.66 <sup>a</sup>	11.66 <sup>ab</sup>
6	4	10	7.66 <sup>bc</sup>	9.33 <sup>ac</sup>	7.33 <sup>d</sup>	7.66 <sup>b</sup>
7	4	15	7.66 <sup>bc</sup>	8.33 <sup>c</sup>	9.00 <sup>c</sup>	12.00 <sup>ab</sup>
8	6	5	7.66 <sup>bc</sup>	11.66 <sup>a</sup>	11.33 <sup>a</sup>	12.00 <sup>ab</sup>
9	6	10	9.33 <sup>ab</sup>	9.66 <sup>bc</sup>	9.66 <sup>c</sup>	16.66 <sup>a</sup>
10	6	15	7.16 <sup>bc</sup>	10.00 <sup>bc</sup>	10.33 <sup>b</sup>	14.66 <sup>ab</sup>

Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

### **7.5 Medición de acidez titulable (% de ácido cítrico).**

En la Tabla 10 en la medición del día 1 se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento 10 presentó el valor más alto (1.17). Sin embargo, al día 4, 7 y 10 no se observaron resultados estadísticamente diferentes.

Por otro lado al hacer un análisis a través del tiempo del día 1, al día 10 se observan diferencias significativas casi en todos los tratamientos, a excepción del 5, 9 y 10, cabe destacar qué se encontró el mismo comportamiento en todos los tratamientos, es decir un descenso en los valores conforme avanzaba el tiempo, esto es debido a un incremento del pH, este valor depende de la cantidad de ácidos orgánicos presentes en el fruto, los cuales van disminuyendo durante la maduración debido a la utilización de éstos durante la respiración o su conversión a azúcares (Copa,2017).

Los resultados de este estudio concuerdan con los resultados reportados en otras investigaciones, las cuales reportan que la acidez se incrementa ligeramente en frutos verdes, y después disminuye con rapidez en estados posteriores de madurez (López et al., 2018).

Como se mencionó anteriormente dentro de las principales moléculas presentes en las frutas se encuentran los ácidos orgánicos, en el caso de la fresa, el principal es el ácido cítrico, que muestra una concentración máxima en los estados más verdes del fruto, y disminuye a medida que aumentan los sólidos solubles totales, debido a su conversión en azúcares, por lo que, a mayor acidez, menor madurez (López *et al.*, 2018).

Considerando que el tratamiento 1 es el control, los resultados indican que el tratamiento con lactato de calcio en los tratamientos no influyó en el factor estudiado.

**Tabla 10. Datos de acidez titulable respecto a las diferentes concentraciones de lactato de calcio y tiempo de exposición.**

<i>Tratamiento</i>	<i>% Lactato de Calcio</i>	<i>Tiempo de exposición (minutos)</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 7</i>	<i>Día 10</i>
1	0	0	1.09 <sup>b</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>
2	2	5	1.07 <sup>b</sup>	1.08 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>
3	2	10	1.07 <sup>b</sup>	1.09 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>
4	2	15	1.05 <sup>b</sup>	1.10 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>
5	4	5	1.11 <sup>ab</sup>	1.10 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
6	4	10	1.08 <sup>b</sup>	1.09 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>
7	4	15	1.08 <sup>b</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>
8	6	5	1.10 <sup>b</sup>	1.06 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>
9	6	10	1.12 <sup>ab</sup>	1.04 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
10	6	15	1.17 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>

Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

### **7.6 Pérdida fisiológica de peso**

De acuerdo con la Tabla 11, respecto a la pérdida fisiológica de peso a través del tiempo, al día 4 podemos observar diferencias significativas, los peores tratamientos se encontraron en el tratamiento 5 (17.85%) y 10 (15.03%) ya que fue en donde se encontraron los valores más altos y, por lo tanto, son los frutos con mayor pérdida de peso. En cuanto a los tratamientos que presentaron menor pérdida de peso fueron el 3 (4.61%) y el 4 (8.33%).

Finalmente, al día 10, los tratamientos con mayor pérdida de peso se encontraron en el tratamiento 1 (55.00%), 10 (49%) y 9 (48.66%), la mayoría de los tratamientos presentaron altas pérdidas de peso, sin embargo, el tratamiento 2 y el tratamiento 8 presentaron los valores más bajos 37.5% y 36.36% respectivamente.

Con base en los resultados obtenidos, podemos concluir que los peores tratamientos fueron el 10, 1 y 9, debido a que fue en donde se encontraron los valores más altos por lo tanto hubo mayor pérdida de peso, en cuanto a los mejores tratamientos encontramos al 2 (37.5%) y al 8 (36.36%) ya que fue en donde se encontraron los valores más bajos y por lo tanto menor pérdida de peso, cabe destacar que se observó una disminución de pérdida de peso a una concentración

de calcio del 2% con 5 minutos y al aumentar el tiempo de exposición a 10 y 15 minutos la pérdida de peso fue mayor, de igual manera, al aumentar la concentración de lactato de calcio al 4% la pérdida de peso fue en aumento, sin embargo al aumentar la concentración al 6% a una exposición de 5 minutos (tratamiento) la pérdida de peso volvió a disminuir, presentando estadísticamente valores iguales al tratamiento 2.

Los datos en la bibliografía reportan que a mayor concentración de calcio, menor cantidad de agua pérdida y por lo tanto menor pérdida de peso, este fenómeno se debe a que el calcio puede ingresar a los poros del fruto y generar una interacción con las pectinas y almidones que se encuentran en la matriz, lo que ocasiona la obstrucción de la entrada y salida del agua del fruto, otros investigadores afirman que esto es consecuencia de la capacidad que tiene el calcio de formar redes iónicas  $\text{Ca}^{+2}$ -pectina en la membrana celular, las cuales ayudan a proporcionar mayor rigidez y por lo tanto impiden la salida del agua, además también se afirma que el calcio inhibe la enzima causante de la hidrólisis de las pectinas en los frutos (poligalacturonasa), y por ende la pérdida de la firmeza. Por ese motivo al adicionar calcio, las pectinas de la fresa no son hidrolizadas, generando una mayor cantidad de agua ligada en su interior y, por tanto, se evita la salida de agua (Gil *et al.*, 2019).

En diferentes investigaciones se han reportado comportamientos donde se presentó una reducción de la humedad en fresas tratadas con cloruro de calcio (Gil *et al.*, 2019). Sin embargo, cabe destacar que los resultados favorables y similares a las diferentes fuentes reportadas solo se observaron al aumentar una concentración de lactato de calcio al 2% y 6% con 5 minutos de exposición ya que al aumentar el tiempo de exposición a una concentración de 2% y 6% con 10 y 15 minutos de exposición la pérdida de peso fue mayor, así como también al utilizar la concentración del 4%, por lo que se concluye que las concentraciones al 2% y 6% con 5 minutos de exposición resultaron favorables para la disminución de pérdida de peso.

Por lo tanto, en esta investigación se puede afirmar que el calcio es buen agente químico hasta ciertas concentraciones y se puede utilizar para evitar la pérdida de agua en frutos porosos.

**Tabla 11. Datos de porcentaje de pérdida de peso respecto a las diferentes concentraciones de calcio y tiempo de exposición.**

<b>Tratamiento</b>	<b>% Lactato de Calcio</b>	<b>Tiempo de exposición (minutos)</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 10</b>
1	0	0	0	12.50 <sup>bcd</sup>	37.5 <sup>a</sup>	55.00 <sup>a</sup>
2	2	5	0	9.37 <sup>cd</sup>	18.75 <sup>f</sup>	37.5 <sup>d</sup>
3	2	10	0	4.61 <sup>d</sup>	18.18 <sup>f</sup>	46.81 <sup>bc</sup>
4	2	15	0	8.33 <sup>de</sup>	20.83 <sup>ef</sup>	41.33 <sup>cd</sup>
5	4	5	0	17.85 <sup>a</sup>	26.74 <sup>bc</sup>	44.18 <sup>bc</sup>
6	4	10	0	9.37 <sup>cd</sup>	28.12 <sup>bc</sup>	48.25 <sup>b</sup>
7	4	15	0	10.74 <sup>cd</sup>	25.00 <sup>cd</sup>	45.33 <sup>bc</sup>
8	6	5	0	13.38 <sup>bc</sup>	22.72 <sup>de</sup>	36.36 <sup>d</sup>
9	6	10	0	12.55 <sup>bcd</sup>	29.16 <sup>b</sup>	48.66 <sup>b</sup>
10	6	15	0	15.03 <sup>ab</sup>	40.00 <sup>a</sup>	49.00 <sup>b</sup>

Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

### **7.7 Incidencia de enfermedades**

Durante el periodo de evaluación se registró el nivel de severidad de Moho gris (*Botrytis cinerea*) en cada fruto de fresa mediante el diseño de una escala.

### 7.7.1 Escala para evaluar la severidad de Moho gris (*Botrytis cinerea*) en frutos de fresa



Clase 0



Clase 1. >0-5.6%



Clase 2. >5.6-19%



Clase 3. >19-48.1%



Clase 4. >48.1-78.7%



Clase 5. >78.7%

**Figura 3.** Escala diseñada para evaluar la severidad en frutos de fresa con respecto a Moho gris (*Botrytis cinerea*).

La escala está diseñada para evaluar la severidad en frutos de fresa con respecto a Moho gris (*Botrytis cinerea*), contiene 6 niveles de severidad en los que se indica el rango de área afectada. Este tipo de escala ayuda a reducir la subjetividad en las estimaciones de la gravedad de una enfermedad y es un elemento esencial en estudios epidemiológicos. Algunos autores han propuesto escalas de 9 niveles, sin embargo, son usadas con poca frecuencia debido a que las ilustraciones se encuentran en blanco y negro y son consideradas con demasiados niveles para una correcta y más factible evaluación. Para otras enfermedades existen escalas de

severidad con cinco o seis niveles, las cuales tienen valores aceptables de precisión y exactitud en la validación (Rivera *et al.*, 2016). La escala propuesta en esta investigación muestra una secuencia progresiva del avance del área afectada, con imágenes que proporcionan de manera clara el nivel de daño ocasionado por este hongo.

**Tabla 12. Número de tratamientos, porcentaje de calcio y tiempo de exposición utilizados en cada uno de ellos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>% Calcio</b>	<b>Tiempo de exposición (minutos)</b>
<b>1</b>	0	0
<b>2</b>	2	5
<b>3</b>	2	10
<b>4</b>	2	15
<b>5</b>	4	5
<b>6</b>	4	10
<b>7</b>	4	15
<b>8</b>	6	5
<b>9</b>	6	10
<b>10</b>	6	15

La tabla 12 fue realizada como referencia para poder leer y entender los niveles de severidad de Moho gris (*Botrytis cinerea*) de cada uno de los tratamientos.

**Tabla 13. Nivel de severidad microbiológica a lo largo del tiempo en relación con los diferentes tratamientos.**

		Día 2																																											
Total de fresas evaluadas.		12																																											
Tratamiento		1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10																								
No. fresas		1	11	12	2	10	5	7	2	10	3	9	1	11	2	10	1	1	10	1	11																								
Clase		1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	2	0	1	0																								
		Día 4																																											
Total de fresas evaluadas.		12																																											
Tratamiento		1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10																						
No. fresas		2	2	8	4	8	2	10	10	2	4	8	3	9	5	7	6	6	1	1	10	2	10																						
Clase		1	3	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	0	1	0																						
		Día 7																																											
Total de fresas evaluadas.		9																																											
Tratamiento		1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	10	10	10										
No. fresas		1	3	3	2	4	1	3	3	2	2	5	1	5	3	1	6	1	1	1	6	2	1	7	1	4	2	1	1	1	3	6	3	5	1										
Clase		5	4	3	4	5	4	3	0	2	3	0	5	4	3	5	4	4	2	4	4	2	5	4	4	5	4	0	2	3	2	3	4	2	5										
		Día 10																																											
Total de fresas evaluadas.		6																																											
Tratamiento		1	1	2	2	3	3	3	3	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	9	9	10	10																				
No. fresas		3	3	2	4	1	1	3	1	6	5	1	1	1	2	2	4	2	2	4	1	2	1	1	5	1																			
Clase		4	5	4	4	4	5	2	0	5	5	4	3	2	5	4	5	4	4	5	4	5	3	2	5	4																			

En la Tabla 13 en el día 2 podemos observar que, en el segundo día, el nivel más alto de severidad microbiológica fue clase 2, encontrándose un fruto en dicha clase en el tratamiento número 9, además podemos observar que el 76% de los frutos se encontraban completamente sanos, es decir, en clase 0 respecto a la severidad de Moho gris (*Botrytis cinerea*).

La tabla de severidad se tomó en cuenta en el día número 4, ya que fue cuando se realizó la segunda medición respecto a color, tamaño, sólidos solubles, peso y acidez titulable. De acuerdo con la tabla 13 en el día 4 podemos observar que el nivel más alto de severidad fue clase 3, registrándose en el tratamiento 1, la mayoría de los frutos se encontraron en niveles bajos de severidad, clase 1 y 2 y se puede observar que a pesar de haber una cantidad alta de frutos en clase 0, la cantidad más alta se encontró en el tratamiento 3,9 y 10 con un total de 10 fresas cada uno. El porcentaje total de frutos sanos en el día cuatro fue del 65%.

Finalmente en el día 10, el 86.66% de los frutos se encontraban en niveles altos de severidad, 4 y 5, encontrando como el peor tratamiento al número 4, debido a que el 100% de las fresas terminaron en clase 5, cabe destacar que en el tratamiento 3, un solo fruto llegó en el nivel 0 (Véase Figura 4), considerándose como una gran ventaja con respecto a los demás tratamientos, además podemos observar que en dicho tratamiento, el 50% de los frutos se encontraron en los niveles más bajos de severidad en comparación con el tratamiento control, en donde el 100% de los frutos se encontraron en los niveles más altos de severidad microbiológica (4 y 5), por lo que podemos deducir que el lactato de calcio a una concentración del 2% con tiempo de exposición de 10 minutos si influye en la contaminación microbiológica de los frutos.



**Figura 4. Imagen del fruto de fresa del tratamiento 3 tomada al día 10, sin presencia de hongo.**

# CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES

Se determinó que el lactato de calcio a concentraciones del 4% logró mantener la firmeza 59.64% más en comparación con el testigo, además se encontró que a concentraciones del 6% la firmeza se vio disminuida llegando a valores similares al testigo, por lo que se concluye que las concentraciones de lactato de calcio al 6% no fueron favorables, ya que en lugar de beneficiar al fruto lo perjudicó.

En cuanto a la evaluación de color se observaron comportamientos similares en todos los tratamientos a lo largo del tiempo por lo que se concluye que la solución de lactato de calcio no influye en el cambio de color.

Respecto a la determinación de sólidos solubles totales la mayoría de los tratamientos en donde se encontraron resultados favorables fueron a una concentración de lactato de calcio al 4%, destacando el tratamiento 5 ya que del día 1 al día 10 solo se observó un aumento del 1% de sólidos solubles totales en comparación con el testigo donde se observó un aumento del 6%.

En la medición de acidez titulable se determinó que todos los tratamientos tuvieron el mismo comportamiento, es decir, un descenso en los valores conforme avanzaba el tiempo por lo que los resultados indican que el lactato de calcio no influye en el comportamiento de la acidez titulable.

En la pérdida fisiológica de peso se observó que los tratamientos que presentaron menor pérdida se encontraron a una concentración de lactato de calcio al 2% y 6% a una exposición de 5 minutos, es importante mencionar que conforme la exposición al lactato de calcio aumentó la pérdida de peso fue mayor, además también se encontró que al utilizar una concentración de lactato de calcio al 4% no observaron resultados favorecedores. Cabe destacar que el tratamiento 8 (6% con 5 minutos de exposición) presentó 18.64% menor pérdida de peso en comparación con el

testigo. Por lo tanto, en esta investigación se puede afirmar que el calcio es buen agente químico hasta ciertas concentraciones y se puede utilizar para evitar la pérdida de agua en frutos porosos.

Además, en cuanto a la escala para evaluar la severidad de Moho gris es importante mencionar que 1 fruto de fresa logró llegar al día 10 en una escala de 0, es decir sin presencia de hongo, dicho fruto perteneciente al tratamiento 3 (2% 10 minutos), por lo que se concluye que las concentraciones de lactato de calcio influyen en la presencia del moho gris.

Con base en lo anterior podemos decir que no se obtuvieron resultados concluyentes en cuanto al porcentaje de lactato de calcio y tiempo de inmersión óptimos que involucren todos los parámetros de calidad evaluados, los cuales determinan la vida útil. Ya que en algunos parámetros se obtuvieron los mejores resultados con 4% de lactato de calcio y en otros con 6%. Por lo tanto, se considera necesario para estudios posteriores realizar un análisis considerando valores más cercanos entre 4 y 6% de lactato de calcio, así como tiempos de inmersión menores a 5 minutos.

# CAPÍTULO 9 PERSPECTIVAS

- ❖ Evaluar el efecto de concentración de lactato de calcio a 4.5%, 5% y 5.5% para observar su comportamiento en los parámetros de calidad de la fresa.
- ❖ Evaluar las concentraciones de lactato de calcio al 4.5%, 5% y 5.5% a tiempos de inmersión menores a 5 minutos (1, 2, 3 y 4 minutos) para encontrar un valor óptimo.
- ❖ Evaluar las concentraciones de lactato de calcio al 4.5%, 5% y 5.5% añadiendo el método de refrigeración para poder observar si el tiempo de vida útil aumenta.

# CAPÍTULO 10 REFERENCIAS

Akhatou, I. (2016). Características de calidad de fresas cultivadas en sistema sin suelo: estudio metabólico preliminar [ Tesis de doctoral, Universidad de Huelva].

Bello, J. 2008. Ciencia Bromatológica; Principios Generales de Los Alimentos, 177-180. Ediciones Díaz de Santos S. A., Madrid.

Campo-Vera, Y., Boada- Díaz, E. J. & Delgado, J. (2016). Comparación de tres empaques para la conservación en postcosecha de la fresa "*Fragaria vesca*". *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(36), 42-48.  
<https://dx.doi.org/alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/371/315>

Caudillo-Contreras, D. I. (2016). Conservación postcosecha de fresa utilizando recubrimientos formulados con quitosano-quínoa, [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana].

Colchado-Ircañaupa, M. Y. & Velasquez-Aguilar, A. E. (2015). "Efecto del método de liofilización, densidad de carga y temperatura de placa en la de fresa (*Fragaria vesca* L.) deshidratada"[Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa].

Condori-Mamani, D. Y. (2017). Evaluación del efecto de sales de calcio en la mejora de las propiedades fisicoquímicas y la conservación de dos variedades de tunas (*Opuntia ficus indica*). [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano].

Copa- Janeta, M. P. (2017). "Evaluación de la vida útil de *la Fragaria x ananassa* Duch (fresa) por efecto de la aplicación de cloruro de calcio y un recubrimiento comestible. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

Dussán-Sarria, S., Reyes- Calvache, P. M. & Hleap-Zapata, J. I. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y Diferentes Tipos de Empaque en los Atributos Fisicoquímicos y Sensoriales de Piña Manzana' Mínimamente Procesada. *Información Tecnológica*, 25(5), 41-46. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000500007>

Escalante-Varona, A. V. (2015). Aplicación de un recubrimiento comestible de goma de Tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze) sobre fresas (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) para prolongar su conservación". [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Esteves-Mar, A.I. (2016). Efecto del consumo de un jugo de frutos rojos y uva rico en polifenoles procesado con ultrasonido en ratas Wistar con diabetes inducida. [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana].

Falconí-Novillo, J.F. (2016). " Empleo de recubrimientos comestibles en la conservación de *Fragaria x ananassa* (fresa)" [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Pecuarias].

Fernández, N.M, Echeverría, D. C., Mosquera, S. A, & Paz, S.P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15 (2), 134-141. [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(15\)](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(15))

Gil-Giraldo, E. J., Duque-Cifuentes, A. L. & Quintero- Castaño, V. D. (2019). Efecto del baño químico sobre la conservación de propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de fresa (*Fragaria x ananassa*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17 (2), 36-45. <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v17n2.1251>

González-Araiza, J. R. (2014). Impedancia bio-eléctrica como técnica no destructiva para medir la firmeza de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) y su relación con técnicas convencionales. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia].

Guachamin-Quilumnaquin, Y. L. (2019). Osmodeshidratación como alternativa para el mejoramiento de las características sensoriales de la fresa (*Fragaria vesca*; variedad Albión) deshidratada convencionalmente. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].

Hurtado, G. & Knoche, M. (2021). Water Soaking Disorder in Strawberries: Triggers, Factors, and Mechanisms. *Frontiers in Plant Science*. 12 (1), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.694123>

Iza-Iza, D. P. (2020). "Evaluación del comportamiento en postcosecha de la fresa (*Fragaria vesca*), con tres recubrimientos comestibles a tres tiempos de inmersión, en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga 2020." [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi].

Kessel- Domini, A. (2018). Potencialidades del Quitosano para la fresa. Usos en la mejora y conservación de los frutos. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 134-142. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025859362018000100020&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362018000100020&lng=es&nrm=iso). ISSN 0258-5936.

León- Chumbiauca, E. C. (2015). "Determinación de la vida útil de frutas inmersas en dos tipos de geles a T° ambiente en periodos estacionales". [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Callao].

Lopez- Portocarrero, S. (2017). Evaluación de la vida útil de dos frutas usando un envase biodegradable de yuca (*Manihot esculenta*). [Tesis de grado, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias]

López- Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J.F. & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 147-162. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num1\\_art:528](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num1_art:528)

Marcano, D. (2018). Introducción a la Química de los colorantes. Colección Divulgación Científica y Tecnológica, 1-3. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela

Matta, I. y R. Mosqueda. 1995. La producción del mango en México, 135 – 147. Noriega Editores. México D.F.

Martínez-González, M. E., Morales- Balois, R., Alia- Tejacal, I., Cortes- Cruz, A., Palomino- Hermosillo, Y. A. & López- Guzmán, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(19), 4075-4087. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017001104075](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017001104075)

Martínez-González, M. E. (2019). Análisis de expresión diferencial de genes durante la maduración del fruto de guanábana (*Annona muricata L.*) en manejo postcosecha. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nayarit].

Medina-Puche, L. (2015). Caracterización funcional de genes reguladores del proceso de desarrollo, maduración y senescencia del fruto de fresa. [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba].

Naser, F., Rabiei, V. & Khademi, O. (2018). Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 233(1),114-123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.036>.

Olivas-Aguirre, F.J., Wall- Medrano, A., Gonzales-Aguilar, G. A., Lopez-Díaz, J.A., Alvarez-Parrilla, E., De la Rosa, L.A. & Ramos-Jimenez, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 55-66. <https://doi.org:10.3305/nh.2015.31.1.7699>

Palchisaca-Doncon, M.J. (2018). Evaluación de soluciones nutritivas con cinco dosis de calcio en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*) cultivar albión mediante fertirriego en la parroquia San Luis Cantón Riobamba [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

Pinto- Mosquera, N., De la Vega, C. & Canarejo, M. (2016). Utilización del método de conservación bajo atmósferas controladas en frutas y hortalizas. *Agroindustrial Science*, 6(2), 231-238. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.science.2016.02.08>

Prieto-Suarez, G. A. & Aguilar-Palacios, E. X. (2016). Métodos sostenibles para la síntesis de flavonas. *Investigación Joven* 3 (1), 1-4.

Quiroga- Pazmiño, J. A. (2019). Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (*Fragaria ananassa Weston*). [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador].

Rincón- Gutierrez, V. (2014). Diseño de una biopelícula para la conservación de fresa silvestre (*Fragaria vesca*), una estrategia encaminada a la sustitución de empaques plásticos. (Tesis de maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano).

Rincón-Pérez, A. & Martínez-Quintero, E. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 23 (34), 13-25. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/301#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20de%20calcio%20en,calidad%2C%20el%20objetivo%20de%20esta>

Rivera-Zabala, N., Ochoa-Martínez, D. L., Rojas-Martínez, R. I., Rodríguez-Martínez, D., Aranda-Ocampo, S. & Zapién-Macias, J. M. (2017). Variabilidad Genética de *Xanthomonas fragariae* y su severidad en genotipos de fresa (*Fragaria ananassa* Duch). *Revista Agrociencia*, 51(3), 329-341. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140531952017000300329](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952017000300329)

Santiago- Doménech, M. N. (2016). Caracterización de la pared celular de frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.): cambios durante el desarrollo y efectos del silenciamiento de un gen de pectato liasa. [Tesis de doctorado, Universidad de Málaga].

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). Panorama agroalimentario.

Solórzano, A. C., Martín, A., Salazar, S. M., Sandoval, J.S. & Kirschbaum, D. S. (2015). Correlación entre la medida del color del fruto y la concentración de sólidos solubles totales en frutilla o fresa (*Fragaria ananassa* Duch). *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 35 (1), 55-60. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2314369X2015000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314369X2015000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Valdiviezo-Aliaga, I. A. (2018). “Aplicación poscosecha de cloruro de calcio en frutos de manzana (*Malus x domestica* Borkh) cv. ANNA”. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Valencia-Avilés, E., Figueroa, I. I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E. & García- Pérez, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la facultad de Ciencias Químicas*, (16), 15-29. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1583/1238>

Villegas, C. & Albarracín, W. (2016). Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Vitae, Revista de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 23(3), 202-209. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n3a06>

Vite- Chávez, D. M. (2015). Efecto del tiempo de exposición al ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en fresas (*Fragaria vesca* L.) [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego].

Zamora, M.M. (2015). Efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la calidad de frutos de lechosa (*Carica papaya* L.). [Tesis de postgrado, Universidad Central de Venezuela].

Zekrehiwot, A., Yetenayet T. & Ali, M. (2016). Effects of edible coating materials and stages of maturity at harvest on storage life and quality of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) fruits. *African Journal of Agricultural Research*, 12(8), 550-565. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11648>