

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE LA FRESA (*Fragaria x
ananassa* Duch cv. Albión) CULTIVADA EN LA ASOCIACIÓN INDIGENA
AGROTURISTICA LA KUMBA EN EL MUNICIPIO DE CUMBAL NARIÑO.**

PAOLA ANDREA CHAMORRO CABRERA

KAREN LORENA PINTA RÍOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

SAN JUAN DE PASTO

2017

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE LA FRESA (*Fragaria x
ananassa* Duch cv. Albión) CULTIVADA EN LA ASOCIACIÓN INDIGENA
AGROTURISTICA LA KUMBA EN EL MUNICIPIO DE CUMBAL NARIÑO.**

PAOLA ANDREA CHAMORRO CABRERA

KAREN LORENA PINTA RÍOS

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniera
Agroindustrial**

Asesora

Olga Lucía Benavides Calvache, I.Q., M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO**

2017

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

M Sc, Andrés Felipe Cerón
Jurado

M Sc, Verónica Jarrín
Jurado

San Juan de Pasto, Agosto de 2017

DEDICATORIA

Gracias a Dios por haberme otorgado a una familia maravillosa, dedico todos mis triunfos en primer instancia a mis padres Jesús Chamorro y Carlina Cabrera, quienes con sus ejemplos de superación, humildad, honestidad y sacrificio, me han ayudado a conseguir un logro más en mi vida, a mis hermanos Angie y Dany por sus consejos de no dejarme rendir ante cualquier obstáculo que se pueda presentar durante mi trayecto de vida, a mi abuela Lucila Díaz por su cuidado, por estar a mi lado, por ser el refugio que a veces necesito y aconsejarme como solo una abuela podría aconsejarme y por ultimo a todas las personas que me han ayudado a obtener mi título profesional y han sido parte de este triunfo como son mis amigos y maestros de la Universidad de Nariño.

Paola Chamorro

DEDICATORIA

A Dios por ser el motor y la esencia misma de mi vida, porque en cada momento lo siento presente y mucho más en una meta tan importante como ésta.

A las personas más importantes en mi vida, mis padres Luis Pinto y Lucia Ríos quienes con su valentía, ejemplo y humildad me han enseñado que la felicidad no está más allá de la próxima vuelta del camino, sino en el sendero que estoy recorriendo en estos momentos; que aunque decirles gracias sea un gesto pequeño, me alegra poder aportar a esa gran deuda de amor y cariño que jamás lograré pagar.

A mi hermanas María Camila Pinta, Jessica Yela y Marcela Yela por su apoyo y cariño incondicional por enseñarme a ser mejor persona, gracias por estar ahí cuando lo necesito, a Camila por motivarme a ser un ejemplo a seguir y por siempre confiar en mí.

A mi abuelita por sus consejos, ayuda, afecto y por encomendarme todos los días a Dios, a todos mis familiares que siempre me apoyaron gracias por su afecto.

A mi novio Danny Benavides quien jamás dejó de creer en mí, gracias por tu amor, tu comprensión y compañía en los momentos difíciles, gracias por ser mi compañero de vida.

A mis amigas Paola y Lorena por su ánimo y alegría a lo largo de esta etapa, juntas aprendimos que nuestras diferencias se convierten en fortalezas cuando existe comprensión y una verdadera amistad.

Karen Pinta

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. IDENTIFICACION Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	22
1.1 Antecedentes	22
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
3. JUSTIFICACION.....	28
4. OBJETIVOS.....	30
4.1 Objetivo General	30
4.2 Objetivos Específicos.....	30
5. MARCO TEORICO	31
5.1 Descripción taxonómica de la fresa	31
5.1.1 Caracterización botánica.	31
5.1.2 Variedades de Fresa.....	32
5.1.3 Condiciones agroclimatológicas.....	33
5.1.4 Composición Nutricional.....	34
5.1.5 Caracterización Fisiológica.	36
5.1.6 Caracterización Patológica.	36
5.2 Importancia económica del cultivo de fresa y producción.....	37
5.3 Compuestos químicos	39
5.3.1 Fenoles totales.	39
5.3.2 Antocianinas.....	40
5.4 Beneficios de las características funcionales para la salud	41

5.5 Calidad poscosecha	42
5.6 Envases.....	44
5.7 Fundamentos teóricos.....	45
5.7.1 Vida útil.....	45
5.7.2 Ecuaciones de vida útil.....	46
5.7.3. Modelación del deterioro y predicción de vida de anaquel.....	47
6. METODOLOGIA	49
6.1 Evaluación del efecto del envase y la temperatura sobre algunas propiedades físicoquímicas de la fresa a través del tiempo.....	49
6.1.1 Selección de los campos de cultivo.....	49
6.1.2 Recopilación de la información primaria.....	49
6.1.3 Análisis de la información recopilada.....	50
6.1.4 Obtención del material vegetal.....	51
6.1.5 Caracterización físicoquímica de la fresa.....	54
6.2 Diseño experimental.....	59
6.2.1 Evaluación físicoquímica.....	59
6.3 Realización de la cinética de vida útil para la fresa cultivar Albión bajo las mejores condiciones de almacenamiento.....	61
6.3.1 Evaluar en el tratamiento óptimo el efecto del almacenamiento en algunas propiedades funcionales de la fresa.....	61
6.3.2 Análisis Funcionales.....	61
6.3.3 Análisis Bromatológicos.....	64
6.3.4 Análisis Microbiológicos.....	64

7. RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
7.1 Evaluación del efecto del envase y la temperatura sobre algunas propiedades fisicoquímicas de la fresa a través del tiempo.....	66
7.1.1 Análisis de la información recopilada BPA.	66
7.1.1.1 Problema Central BPA.	67
7.1.1.2 Problemas raíz BPA.	68
7.1.1.3 Problemas Pasivos y Neutrales BPA.....	69
7.1.2 Análisis de la información recopilada BPM.....	69
7.1.2.1 Problemas centrales BPM.....	71
7.1.2.2 Problemas Raíz BPM.	72
7.1.2.3 Problemas Pasivos y neutrales BPM.	72
7.2 Comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y determinación de cinéticas de deterioro de la fresa en su almacenamiento	73
7.2.1 Determinación del índice de madurez.	74
7.2.2 Pérdida de peso (%).	82
7.2.3 Determinación de pH.....	84
7.2.4 Determinación de la firmeza	87
7.2.5 Determinación del parámetro de color a*	89
7.2.6 Determinación del parámetro color b*	91
7.3 Realización de la cinética de vida útil por modelamiento de Arrhenius para la fresa cultivar Albión bajo las mejores condiciones de almacenamiento.....	93
7.3.1 Determinación de la variable para la estimación de vida útil.....	94
7.3.2 Estimación del tiempo de vida útil de la fresa mediante el método de Arrhenius para la variable fisicoquímica pH.....	94

7.3.3 Determinación fenoles totales	98
7.3.4 Determinación de antocianinas.....	100
7.3.5 Análisis bromatológicos	103
7.3.6 Análisis microbiológicos	103
8. CONCLUSIONES	105
9. RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108
ANEXOS.....	120

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Condiciones agroclimáticas para el cultivo de fresa.....	33
Tabla 2. Composición química de la fresa en fresco	34
Tabla 3. Composición en vitaminas de la fresa.....	35
Tabla 4. Producción mundial de fresa (Toneladas).....	37
Tabla 5. Micronutrientes funcionales de la fresa	42
Tabla 6. Características principales de los envases.....	59
Tabla 7. Identificación de tratamientos	60
Tabla 8. Variables que afectan la producción de la fresa BPA	66
Tabla 9. Variables que afectan la producción de la fresa BPM	70
Tabla 10. Datos iniciales de las variables fisicoquímicas.....	73
Tabla 11. Análisis de varianza LSD Fisher característica índice de madurez	77
Tabla 12. Coeficientes de determinación (R^2) para el Índice de madurez.	79
Tabla 13. Características cinéticas índice de madurez.....	81
Tabla 14. Características cinéticas para la pérdida de peso (%).	82
Tabla 15. Características cinéticas para el Potencial de Hidrogeno pH.....	85
Tabla 16. Características cinéticas para firmeza.	88
Tabla 17. Características cinéticas para el parámetro de color b^*	93
Tabla 18. Datos para la Ecuación de Arrhenius.....	95
Tabla 20. Constantes cinéticas de deterioro y vida útil a diferentes temperaturas	98
Tabla 21. Contenido de fenoles Totales.....	99
Tabla 22. Contenido de antocianinas	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura del fruto de Fresa <i>Fragaria ananassa</i>	32
Figura 2. Compuestos fenólicos de mayor importancia en la fresa.....	40
Figura 3. Cinéticas de degradación de los atributos de calidad en función del tiempo de acuerdo al orden 0, orden 1 y orden 2.....	47
Figura 4. Tabla de color de fresa variedad Chandler.....	51
Figura 5. Clasificación de problemas en BPA-MICMAC.....	67
Figura 6. Clasificación de problemas en BPM-MICMAC.....	71
Figura 7. Variación de los sólidos solubles totales Vs. el porcentaje de ácido cítrico T1. a) Envase de terftalato de polietileno PET termoformado b) Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.....	75
Figura 8. Comportamiento cinético y variación del índice de madurez. a) Envase de terftalato de polietileno PET termoformado y b) Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.....	76
Figura 9. Variación del índice de Madurez en el tratamiento T1. a) Reacción de orden cero b) Reacción de orden uno.....	79
Figura 10. Comportamiento cinético y variación de la pérdida de peso para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.....	83
Figura 11. Comportamiento cinético y variación del pH para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.....	86

Figura 12.	Comportamiento cinético y variación de la firmeza para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.....	89
Figura 13.	Comportamiento cinético y variación del Índice de Color parámetro a*. a). para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y b). Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.	90
Figura 14.	Comportamiento cinético y variación del Índice de Color parámetro b*. a). para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y b). Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.	92
Figura 15.	Determinación de energía de activación de la Fresa cultivar Albión envase PET. .	95
Figura 16.	Comparación de medias para tratamiento T5 para el contenido de Fenoles totales según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.....	100
Figura 17.	Comparación de medias para tratamiento T5 para el contenido de Antocianinas según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.....	102

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Realización de encuestas con las listas de chequeo en BPA y BPM a la Asociación Indígena Agroturística La Kumba	50
Imagen 2. Selección y clasificación de las muestras a analizar.....	52
Imagen 3. Lavado y desinfección de las muestras.....	52
Imagen 4. Envasado de las muestras.	53
Imagen 5. Almacenamiento de muestras a diferentes temperaturas (4, 18, 30)°C.....	53
Imagen 6. Determinación de SST.....	54
Imagen 7. Determinación de Acidez Titulable.....	55
Imagen 8. Determinación de pérdida de peso.....	56
Imagen 9. Determinación del parámetro de color a* y b*.....	57
Imagen 10. Determinación de firmeza	57
Imagen 11. Obtención del extracto de fresa.	58
Imagen 12. Determinación de pH en pulpa de fresa.....	58
Imagen 13. Determinación de Fenoles Totales.	62
Imagen 14. Soluciones curva de calibración	63
Imagen 15. Determinación de Antocianinas.....	63
Imagen 16. Tratamiento T2 (30°C en envase de poliestireno expandido) en el día 1 y día 7...92	92

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Lista de verificación en Buenas prácticas Agrícolas (BPA)	121
ANEXO 2. Lista de verificación en Buenas prácticas de Manufactura (BPM)	124
ANEXO 3. Matriz de influencias directas Buenas Prácticas Agrícolas BPA	130
ANEXO 4. Matriz de influencias directas Buenas Prácticas de Manufactura BPM.....	131
ANEXO 5. Tablas de determinación de orden de reacción	133
ANEXO 6. Tablas de Análisis de varianza LSD Fisher	134
ANEXO 7. Registro fotográfico de tratamientos	135
ANEXO 8. Gráfica de calibración con ácido gálico en ppm para contenido de fenoles totales..	141
ANEXO 9. Fenoles totales y Antocianinas	142
ANEXO 10. Resultados Bromatológicos	145
ANEXO 11. Resultados microbiológicos	148

RESUMEN

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es un producto con una elevada tasa respiratoria a temperatura ambiente, esto la hace una fruta muy perecedera por la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales, además tiene muy poca resistencia mecánica y resulta ser muy propensa a sufrir magulladuras y ser susceptible al ataque microbiano; por otra parte su calidad se ve influenciada por diferentes factores, como la temperatura y el tipo de envase utilizado durante la comercialización del producto en fresco. Por lo tanto durante el manejo poscosecha y de vida en anaquel se debe conocer y asegurar la calidad fisicoquímica del producto, por esta razón es necesario analizar las formas de deterioro por medio de modelos matemáticos.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento poscosecha de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albión) cultivada en la Asociación Indígena Agroturística la Kumba en el Municipio de Cumbal Nariño.

Se encontraron los problemas más relevantes en cuanto a Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura en la asociación por medio del software MICMAC. Posteriormente se analizaron las propiedades fisicoquímicas de la fresa cultivar Albión en estado 3 y 4 de maduración, mediante un diseño experimental completamente al azar categórico con dos factores de estudio temperatura (30°C, 18°C y 4°C) y envase (Tereftalato de polietileno y poliestireno expandido-vinipel). Para la determinación de la cinética de degradación se utilizó el método integral, en donde se tomaron mediciones en los días 1, 2, 4, 7, 9, 11,15 y 17. Por último se realizaron análisis de compuestos antioxidantes (contenido de fenoles y antocianinas), bromatológicos y microbiológicos al tratamiento T5 (4°C en PET) el cual obtuvo la mejor cinética de deterioro (K).

Se encontró que el parámetro que mejor se adecua a la cinética de degradación para fresa es el pH, el cual sigue una reacción de orden uno; además el envase que mejor conserva las características fisicoquímicas es el PET, con unas constantes cinéticas de $(0,0380 \pm 0,0036, 0,0348$

$\pm 0,0041, 0,0199 \pm 0,0012$) 1/día. La energía de activación para el pH fue de $32,14 \text{ kJ.mol}^{-1}$; se determinó la vida útil estimada por medio de las constantes cinéticas de deterioro encontradas a partir de la ecuación de Arrhenius obteniendo la vida útil a diferentes temperaturas en envase PET.

Por ultimo en el análisis de fenoles y antocianinas para el día 17 se obtuvo un contenido de $1191,94 \pm 87,3598$ mg de ácido gálico/100g de extracto y antocianinas de $48,673 \pm 6,35044$, mg antocianinas/100g de fresa en cuanto a los bromatológicos y microbiológicos los resultados muestran que no hubo cambios relevantes hasta el día 15.

ABSTRACT

The strawberry is a product with a high respiratory rate at room temperature, this makes it a very perishable fruit because of the high speed with which the vital metabolic processes pass, it also has very little mechanical resistance and it proves to be very prone to bruises and to be susceptible to microbial attack; on the other hand its quality is influenced by different factors, like the temperature and the type of the container used during the commercialization of the fresh product. Therefore, during the postharvest and shelf-life management, the physicochemical quality of the product must be known and assured, for this reason it is necessary to analyze the forms of deterioration by means of mathematical models.

The objective of the present research was to evaluate the postharvest behavior of the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albion) cultivated in the Agroturística la Kumba Indigenous Association in the Municipality of Cumbal Nariño.

The most relevant problems were found regarding Good Agricultural and Manufacturing Practices in the association through the MICMAC software. After analyzing the physicochemical properties of the Albion strawberry in stage 3 and 4 maturation, a completely randomized categorical design with two temperature (30 ° C, 18 ° C and 4 ° C) and container (Terephthalate Of polyethylene and expanded polystyrene-vinipel). For the determination of degradation kinetics, the integral method was used, where measurements were taken on days 1, 2, 4, 7, 9, 11, 15 and 17. Finally, nutritional analyzes (content of phenols and anthocyanins), bromatological and microbiological tests were carried out at T5 (4°C en PET) treatment, obtaining the best deterioration kinetics (K).

It was found that the parameter that best fits the degradation kinetics for strawberry is the pH, which follows a reaction of order one; (PET), with kinetic constants of $(0.0380 \pm 0.0036, 0.0348 \pm 0.0041, 0.0199 \pm 0.0012)$ 1/day, the best preserved physicochemical characteristics. The

activation energy for the pH was $32.14 \text{ kJ.mol}^{-1}$; The estimated useful life was determined by means of the deterioration kinetic constants found from the Arrhenius equation obtaining the useful life at different temperatures in PET packaging.

Finally in the analysis of compounds of phenols and anthocyanins for day 17 a content was obtained of $11191,94 \pm 87,3598 \text{ mg gallic acid /100g extract}$ and anthocyanins of $48,673 \pm 6,35044, \text{ mg antocianins/100g strawberry}$, as for the bromatological and microbiological results show that there was no Relevant changes up to the 15 day.

INTRODUCCIÓN

La fresa es un fruto no climatérico delicado el cual tiene una vida útil muy corta (Restrepo & Aristizabal, 2010); ya que a pesar de tener excelentes características organolépticas posee una alta tasa de respiración y por lo tanto resulta muy susceptible a la pérdida de humedad y al ataque por microorganismos (Núñez, Castellano, Ramírez, Sindoni y Marín, 2012); además su producción y calidad están influenciadas por las interacciones del foto periodo, la temperatura, la longitud del período de descanso, enfermedades, condiciones del suelo y fluctuaciones de humedad del aire y del suelo. Sin embargo, se han reportado pérdidas poscosecha, las cuales se ven influenciadas por factores como los procesos de limpieza/desinfección y de conservación a los que se someta, además del envasado y las condiciones de almacenamiento, como la temperatura y la humedad (Mercado, López, Martínez y Abraham, 2016).

Autores como García, Chacón y Molina (2011) & Mercado *et al.*, (2016) manifiestan la importancia de la determinación de la vida útil en los alimentos y sus derivados para su producción, almacenamiento y transporte, asegurando de esta manera a los consumidores finales que el alimento adquirido mantiene todas sus características. Los avances importantes relacionados con la determinación del límite de su vida útil se basan en los principales cambios que ocurren en el producto con el tiempo; las formas de deterioro pueden ser descritas mediante modelos matemáticos útiles para expresar los cambios en la calidad; estos modelos proporcionan vías objetivas para medir la calidad y determinar los límites de la vida útil del alimento siempre y cuando se fundamenten en el conocimiento de los diferentes mecanismos de deterioro, así como en un análisis sistemático de los resultados (Salinas, Gonzales y Pirovani, 2007).

Uno de los modelos más utilizados para conocer la vida de anaquel de un producto es la determinación de la cinética del deterioro (García *et al.*, 2011). Todos los procesos fisiológicos catalizados por enzimas están fuertemente influenciados por la temperatura, ya que los

incrementos de la misma generan aumentos exponenciales de la respiración. Por esta razón, la modelización del tipo Arrhenius se suele ajustar bien al comportamiento de las frutas almacenadas a distintas temperaturas. Evidentemente, para determinar la vida útil de un alimento, es esencial determinar qué factores la limitan, los cuales influyen en la calidad generando un cambio en las características fisicoquímicas del producto. El conocimiento del orden de reacción que deteriora el alimento, es el principal factor para la selección del envase con el fin de minimizar los cambios que deterioren el producto (Robertson, 2013).

En este estudio se analizó una serie de variables fisicoquímicas que intervienen en la calidad de la fresa sometida a diferentes condiciones de almacenamiento, las cuales pueden ser replicadas por los agricultores de la Asociación Indígena Agroturística La Kumba; para lo cual se evaluó el comportamiento poscosecha de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albión) cultivada por la asociación, determinando los atributos que limitan su vida útil y estableciendo el tratamiento más apropiado para la conservación de sus características organolépticas, nutricionales y microbiológicas además de su valor comercial. El proyecto fue desarrollado con apoyo de Colciencias gracias al proceso de fortalecimiento de experiencias en producción agropecuaria para la seguridad alimentaria en el marco del concurso A ciencia Cierta 2016, y en el que participó la Asociación Indígena Agroturística La Kumba con su experiencia ganadora “Cultivo de fresas con criterios agroecológicos, aplicando conocimientos ancestrales”. Durante este estudio fue posible incorporar elementos de la ciencia, tecnología e innovación mediante el aporte de integrantes del grupo de investigación BIOTA de la Universidad de Nariño, brindando así a la comunidad indígena herramientas para la apropiación técnica del conocimiento para usar en el mejoramiento de su proceso productivo y por ende de su calidad de vida.

1. IDENTIFICACION Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Son muchos los estudios realizados por varias universidades y entidades acerca de las pérdidas y los cambios de las características fisicoquímicas, bromatológicas, microbiológicas y sensoriales de la fresa. En estudios realizados en mercados más grandes de Nueva York, se han registrado pérdidas en fresas del 6% en la comercialización al mayoreo, del 5% en el menudeo y de 18 % en el ámbito de consumidor (Ceponis & Butterfield, 1973). En el ámbito del consumidor, la pudrición de las fresas fue considerable (11.6%) así como el daño mecánico (6.4%). En un estudio relacionado más reciente elaborado para la FAO, se estimaron pérdidas del 23% para fresas en países desarrollados (Kadel, 2003).

México, al ser uno de los mayores productores de fresa a nivel mundial (FAOSTAT, 2014), se han generado diferentes tipos de estudios científicos para mejorar su vida útil y su calidad frente al mercado; esto se evidencia en investigaciones como las realizadas por la Universidad de Guanajuato en tesis como “Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado”, en donde se determinó que la variable de calidad más indicativa del daño mecánico de las fresas fue la firmeza, sin embargo, también se afectó el valor nutricional, el dulzor, y el peso. Por lo que se recomienda implementar un programa de capacitación a los trabajadores para reducir las pérdidas poscosecha de las fresas en la región de estudio (Alcántara, 2009).

En una investigación realizada por la Universidad Técnica de Ambato Ecuador se determinó el efecto de la luz UV-C en la calidad de la fresa (*Fragaria vesca*) variedad diamante, con el propósito de alargar su tiempo de vida útil. Los resultados de la caracterización físico-química, calidad microbiológica y análisis sensorial, permitieron determinar el tiempo máximo de conservación de la fresa, el cual es de 10 días en refrigeración donde el tiempo de incidencia de la

luz UV-C y la distancia de las lámparas a la fresa tiene un papel preponderante (Beltrán, Ramos y Álvarez, 2010).

En Colombia se han realizado diferentes estudios sobretodo en universidades como la Nacional de Medellín, una de ellas es la investigación “Propiedades fisicoquímicas de fresas (*Fragaria sp*) cultivadas bajo filtros foto selectivos”, en donde se ha llevado a cabo un experimento para examinar los efectos de la calidad de luz sobre la calidad de la fruta en fresa (*Fragaria sp cv. Chandler*), establecida en invernadero. Se determinó que las variables evaluadas, las cuales fueron el peso fresco y seco, longitud y ancho, sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable (AT) e índice de madurez (IM); fueron afectadas significativamente por los filtros espectrales (Casierra, Peña y Vargas, 2011).

En el año 2008, se realizó un estudio de tipo sensorial para fresas en la Universidad Nacional de Antioquia; en esta investigación se presenta la evaluación sensorial de fresas y uchucas fortificadas con vitamina E en función de atributos como: intensidad del color, sabor ácido, dulce, sensación grasa, dureza, jugosidad y aceptación global. El proceso de cuarta gama mejoró la calidad sensorial de los frutos recién impregnados en términos de sabor y aceptación global. Estas muestras fueron evaluadas como más jugosas, más dulces y menos ácidas que las muestras frescas (Restrepo, Cortes y Rojano, 2010).

En Cundinamarca se llevó a cabo el estudio acerca de la elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo de cosecha y poscosecha de mora mediante la determinación de las características nutraceuticas de la fruta, se encontró que los principales problemas detectados en poscosecha fueron el envase utilizado en la labor de cosecha, los sitios de acopio temporal en finca y el índice de madurez utilizado por los productores para establecer el momento óptimo de la cosecha. Para mejorar los problemas se realizaron combinaciones de factores y niveles que permitió alcanzar un mayor tiempo de vida útil (10 días). La vida útil en

refrigeración fue mayor entre un 10 y un 90%, con respecto a la fruta almacenada al medio ambiente. En la evaluación de las características nutraceuticas se obtuvo una disminución de la capacidad antioxidante (84%) y de los fenoles totales (82%) y un comportamiento inverso para las antocianinas, las cuales aumentaron 30 veces en 20 días (Garcia, 2012).

En cuanto a fresa se han realizado diferentes estudios para mejorar la conservación poscosecha, como en el estudio realizado en 2016 en donde se hizo una comparación de tres envases para la conservación poscosecha de la fresa, se evaluaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los frutos en los días 0, 2, 4, 6 y 8 de almacenamiento. Se encontró que el porcentaje de acidez y los °Brix presentaron en los tres envases una disminución significativa durante los 8 días de almacenamiento a 20 °C. Los análisis de mohos y levaduras en la bolsa de polietileno y bandeja plástica se mantuvieron dentro de las normas establecidas, encontrándose aptos para su consumo (Campo, Boada y Delgado, 2016).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las frutas y hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecederos porque tienen una tendencia inherente a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades. Las pérdidas poscosecha ocurren en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha, el acopio, distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto (FAO, 1989).

En la zona nariñense se presentan diferentes problemas en especial en frutales en donde el inadecuado tratamiento de enfermedades y malas prácticas de cosecha y poscosecha causan la disminución en el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Casanova & Cordoba, 2013).

En cuanto a la calidad de la fresa esta se ve influenciada por diferentes factores, uno de los que más la afecta es su mal manejo durante la cadena de producción, comercialización y transporte (Alcántara, 2009). Además en la actualidad los estándares de calidad son más exigentes, por lo que la calidad se ha convertido en un componente que afecta a la rentabilidad del cultivo; por otra parte, es fundamental tener en cuenta que a nivel económico, las pérdidas de alimentos que pueden evitarse tienen un impacto negativo directo en los ingresos, tanto de los agricultores como en los consumidores (FAO, 2012).

La fresa es un producto con una elevada tasa respiratoria a temperatura ambiente, esto la hace una fruta muy perecedera por la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales, ya que carece de una barrera exterior que le permita retener agua. Pérdidas del 3 % en peso, son suficientes para que el fruto pierda su brillo característico y presente una apariencia arrugada (Restrepo & Aristizabal, 2010). Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la fresa tiene muy poca resistencia mecánica y resulta ser muy propensa a sufrir magulladuras y ser susceptible al ataque microbiano sobre todo al hongo *Botrytis cinerea* (Stanley, 1998), su desarrollo se ve favorecido con la alta humedad típica de la zona de Cumbal, este puede penetrar

en el fruto sin necesidad de heridas y durante la cosecha los frutos sanos pueden ser contaminados con esporas provenientes de otros infectados. Por otra parte, la temperatura de transporte y de almacenamiento juegan un papel importante en la conservación del fruto ya que en la fresa si transcurre más de una hora entre la cosecha y el enfriamiento, se comienzan a evidenciar los síntomas de deterioro y por ende, se aumentan las pérdidas (Sanz, 2005). Las características limitantes en relación con la vida útil de ésta, es la combinación de factores de apariencia, sabor, textura, crecimiento microbiano y pérdidas nutricionales como: vitaminas A y C, capacidad antioxidante, y fenoles totales.

Actualmente en Colombia para la comercialización de fresa en los mercados, el producto se envasa en cajas de Terftalato de polietileno (PET) termo formado o en bandejas de poliestireno expandido (EPS) recubiertas con vinipel, almacenadas a temperatura ambiente o en refrigeración. Sin embargo, el manejo de bajas temperaturas se ve muy limitado por la ausencia de sistemas en cadena que garanticen que el producto va a tener permanencia de frío y por los altos costos que se generan en equipos de refrigeración. Solo los almacenes de grandes superficies lo aplican. Debido a esto la mayoría de las fresas se cosechan a primeras horas del día para comercializarla lo más rápido posible y a temperatura ambiente, con resultados no muy favorables ya que estos frutos son muy sensibles a las condiciones ambientales (Schestribatov & Dolgov, 2005).

De acuerdo con la revisión de trabajos en fresa y otros productos vegetales a nivel regional, en Nariño existen pocos estudios acerca de la cinética de deterioro y de vida útil de la fresa; con lo cual ésta investigación ofrece evaluar el comportamiento poscosecha para dar recomendaciones a la Asociación indígena Agroturística La Kumba sobre cómo evitar pérdidas en el eslabón superior de la cadena productiva, de tal forma que puedan mejorar los ingresos económicos.

La Asociación Indígena Agroturística La Kumba, evidencia este tipo de problemas anteriormente relacionados con la fresa, su cultivo y su proceso poscosecha, por lo tanto teniendo en cuenta la problemática descrita, se planteó el siguiente interrogante:

¿Cuál es el comportamiento poscosecha de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch cv. Albión*) a través del tiempo bajo diferentes condiciones de almacenamiento?

3. JUSTIFICACION

El área total sembrada de cultivo de fresa en Colombia para el 2014 fue de 1.240,89 hectáreas (ha) con una producción de 43.778,09 toneladas (t); Nariño solo dispone de 29,50ha con una producción de 182t anuales, sin embargo, el departamento por su ubicación y heterogeneidad climática presenta condiciones adecuadas para el cultivo de fresa (AGRONET, 2014).

Debido a que la producción y comercialización de la fresa en Colombia y en varios países del mundo ha adquirido una considerable importancia desde el punto de vista económico, nutricional y de salud, es importante considerar las diversas operaciones del manejo poscosecha para detectar las principales causas de pérdidas y reducirlas al mínimo (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

La Asociación Indígena Agroturística La Kumba ha observado una relevante importancia en comercialización de la fresa, debido a que este es un fruto con una alta capacidad agroindustrial, sin embargo aunque a nivel regional ha aumentado su rendimiento (AGRONET, 2014), se evidencia una gran problemática con los factores que afectan tanto a la producción como el almacenamiento. Los productores de la asociación han puesto mayor atención en la calidad del producto en fresco, debido a que este es un componente clave para su rentabilidad, sin embargo el mantener sus características durante su manejo es un reto significativo para ellos, ya que se desconoce realmente cual es la vida útil de la fresa en las condiciones a las cuales la asociación las comercializa, generando pérdidas por la susceptibilidad al daño mecánico durante su manejo poscosecha, por lo tanto se deben buscar alternativas que permitan aumentar la preservación de las mismas.

La fresa contiene altos niveles de micronutrientes y compuestos fitoquímicos, que además de tener un papel importante en el metabolismo y crecimiento de las plantas, estos también son esenciales para la determinación de las características de calidad nutricional y organoléptica,

como es el caso del contenido de sólidos solubles totales (SST), ácido ascórbico, compuestos fenólicos, antocianinas, acidez, pH, entre otros (Sanz, 2005), La fresa puede sufrir cambios en sus características fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales dado que es una fruta altamente perecedera, disminuyendo su calidad y posibilidad de comercialización (Schestribatov & Dolgov, 2005).

Existen más estudios enfocados al manejo agronómico de la fresa que en el tema de poscosecha, principalmente en lo relacionado con la manipulación del producto fresco y los procesos fisiológicos que ocurren durante la maduración del fruto. Por lo tanto, para estudiar la vida útil de la fresa, es necesario identificar factores específicos que afectan directamente a su calidad y con ello buscar alternativas de conservación poscosecha que permitan mantener el producto en excelentes condiciones por más tiempo que sean asequibles para los productores. Lo mencionado anteriormente muestra la necesidad de realizar diferentes estudios que permitan la caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de la fresa cultivar Albión producida por la Asociación Indígena Agroturística La Kumba. Ésta investigación servirá en dicha asociación para mejorar las actividades de manejo de la fresa en fresco, fundamentales para lograr la conservación y presentación comercial de su producto. Por otro lado, es importante determinar el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas de la fresa almacenada en diversos ambientes y establecer sus mejores condiciones de envase durante la vida de anaquel. Lo anterior es fundamental para el mejoramiento de las actividades poscosecha de la fresa de la Asociación Indígena Agroturística La Kumba, ya que es el resultado de la investigación científica, que puede ser aplicada por la comunidad para el mejor aprovechamiento de sus recursos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento poscosecha de la fresa (*Fragaria x ananassa*) cultivar Albión producida en la Asociación Indígena Agroturística La Kumba a través del tiempo.

4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto del envase y la temperatura sobre algunas propiedades fisicoquímicas de la fresa a través del tiempo bajo diferentes condiciones de almacenamiento.
- Realizar la cinética de vida útil para la fresa bajo las mejores condiciones de almacenamiento.

5. MARCO TEORICO

5.1 Descripción taxonómica de la fresa

5.1.1 Caracterización botánica.

La fresa es una planta herbácea perenne, crece de forma espontánea o en invernadero en algunas zonas de Europa y América, pertenece a la familia de las rosáceas y al género *Fragariae* y su nombre botánico es *Fragaria Ananassa* (Marzocca, 1985). En general se caracteriza por tener tallos rastreros, nudosos y con estolones, con una altura aproximada de 50 cm. La planta de fresa posee tallos cortos, hojas ovaladas, con pedúnculo largo, sus flores son blancas hermafroditas, las cuales se agrupan en ramas de 3 a 11 flores y forman estolones que dan origen a nuevas plantas (Gómez, 2006).

En cuanto al fruto, es el receptáculo de la flor, la cual es carnosa y azucarada es decir que se caracteriza por un óptimo perfume y un sabor dulce, de forma redondeada acorazonada, presentándose al inicio con coloración verde y posteriormente al madurar adquiere su color característico rojo (Gómez, 2006). Es importante tener en cuenta que la fresa por su morfología pertenece a grupo de bayas, desde el punto de vista hortícola; sin embargo botánicamente no es una verdadera baya, la fresa es una fruta formada por el engrosamiento del receptáculo floral que permanece pulposo y succulento cuando madura y contiene inmersas las semillas (Alcántara, 2009).

Las fresas se caracterizan por tener una piel muy suave, lo cual las hace susceptibles al daño físico como puede ser: abrasión, cortaduras, magulladuras y pérdida de jugo, además de la invasión de microorganismos patógenos (InfoAgro, 2012).

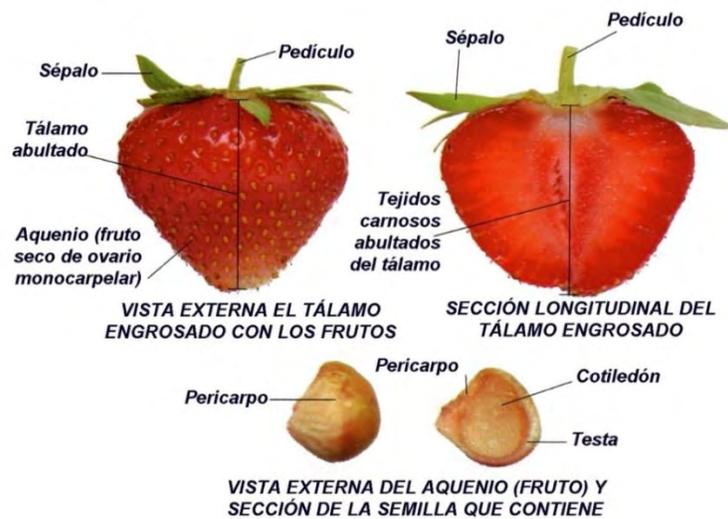


Figura 1. Estructura del fruto de Fresa *Fragaria ananassa*.

Fuente: Alcántara, (2009)

5.1.2 Variedades de Fresa.

Existe una gran cantidad de especies de fresa a través del mundo. Aunque se desconoce su origen, se indican dos zonas de procedencia: una en Europa, específicamente de los Alpes europeos, y otra en Sur América en Chile (Restrepo *et al.*, 2010).

Las variedades más utilizadas comercialmente son Camarrosa, Camino Real, Monterrey, Albión, San Andreas, Portola, Ventana y Palomar; siendo estas dos últimas, las más cultivadas en Colombia (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

En cuanto a cultivares se clasifican en día corto y neutro; Albión y Monterey son las más aceptadas en Colombia, ya que son de día corto en donde se caracteriza por tener un amplio periodo de floración, tienen menos sensibilidad a los factores externos como el fotoperiodo y la temperatura, aumentando su periodo de fructificación y resistencia (Ferrucho, 2013).

5.1.3 Condiciones agroclimatológicas.

Desde el punto de vista organoléptico las causas que afectan a la calidad de las fresas son muy variadas debido a que es un producto suave y delicado, gran parte se debe a factores agronómicos que incluyen variedad, origen, sistema de cultivo empleado, así como también su estado sanitario, maduración, recogida, almacenamiento y transporte (Alcántara, 2009). Todos ellos afectan a los diferentes matices que conforman los atributos de la pulpa como el olor y sabor, así como su composición.

Tabla 1.

Condiciones agroclimáticas para el cultivo de fresa.

Condiciones	Especificaciones
Altura sobre el nivel del mar	De 0 a los 3.000m.s.n.m
Temperatura	Día entre 18 y 25°C, noche entre 8 y 13°C
Humedad relativa	entre 60% y 75%
Requerimiento Hídrico	400-600 mm/año
Tipo de Suelo	Arenoso o franco arenoso con contenido de arena superior a 50%.
Rango de pH	Moderadamente ácido, valores entre 5,7 y 6,5
Luminosidad	Las variedades de día corto requieren entre 8 y 12 horas de luz

Fuente: Cámara de Comercio, (2015)

El cultivo a nivel comercial tiene un amplio rango de adaptabilidad a los pisos térmicos; sin embargo, su desarrollo óptimo se da entre los 1200 y los 2600 msnm, en atmósferas con humedad relativa baja. La temperatura adecuada en el día ha de estar entre los 15 – 18°C y la nocturna de 8 – 10°C; el proceso de maduración se ve favorecido con temperaturas diarias entre los 18 – 25°C y en la noche 10 – 13°C. Sin embargo, aunque la fresa se muestra altamente resistente al frío es

importante tener especial cuidado con no alcanzar el punto de congelamiento (heladas) en la brotación para proteger la planta, lugar donde se unen tallos y raíz de la planta (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). En la tabla 1 se presentan las condiciones específicas para el cultivo de fresa.

5.1.4 Composición Nutricional.

La fresa contiene un alto valor nutricional como alimento ya que se encuentra representado en el aporte moderado de carbohidratos, es una buena fuente de vitamina C, contiene ácidos orgánicos como el cítrico, málico, oxálico y salicílico, es rica en minerales como potasio y magnesio, y en compuestos activos, presenta fenoles, pigmentos, aceite esencial, taninos, antocianinas y flavonoides (Restrepo *et al.*, 2010).

Tabla 2.

Composición química de la fresa en fresco

Constituyente	Contenido (por 100g de fruto)
Agua	80-85g
Proteínas	0,2-0,1g
Lípidos	0,5g
Carbohidratos	5-13g
Sacarosa	0,2-2,1g
Glucosa	0,8-3,5g
Fructosa	1,0-3,1g
Ácido Cítrico	321-1240mg
Ácido Málico	100-680mg
Fenoles	580-1200mg
Vitamina C	25-120mg
Potasio	164mg
Fosforo	21mg
Calcio	21mg

Fuente: Chordi, (2013).

La fresa contiene 35Kcal/100g y en cuanto a su composición química es de 89,6% de agua, 7% de hidratos de carbono, 0,7% de proteínas, 0,5% de lípidos y 2,2% de fibra (Chordi, 2013).

El contenido de azúcares es de 2,6% de glucosa, 2,3% de fructosa y 1,3% de sacarosa. Respecto al contenido en minerales de la fresa, el potasio es el componente mayoritario, seguido de fósforo, calcio y magnesio (Chordi, 2013), como se indica en la tabla 1. En cuanto a las vitaminas la de mayor cantidad es la vitamina C como se muestra en la tabla 3.

Según Moreiras, Carvajal, Cabrera y Cuadrado (1992) y Restrepo *et al.* (2010), las condiciones óptimas de conservación de la fresa son a temperaturas de -0,5°C a 5°C. Si se almacenan bajo atmósfera controlada/modificada, éstas deben hallarse entre un 4-10% de O₂ y un 0-20% de CO₂. La vida útil de las fresas almacenadas al ambiente es de hasta 8 días, en atmósfera controlada de hasta 20 días y en condiciones hipobáricas de hasta 23 días.

Tabla 3.

Composición en vitaminas de la fresa

Vitamina Fresa	Contenido
Tiamina (mg)	0,02
Rivoflavina (mg)	0,04
Equivalentes Niacina (mg)	0,6
Vitamina B6 (mg)	0,06
Ácido fólico (µg)	20
Vitamina B12 (µg)	0
Vitamina C (mg)	60
Vitamina E (mg)	0,2
Carotenos (µg)	4

Fuente: Moreiras *et al.*, (2006).

5.1.5 Caracterización Fisiológica.

La fresa (*Fragaria ananassa*) es un fruto no climatérico altamente perecedero debido a su elevada tasa de respiración (Alcántara, 2009) y (Martínez, Mercado, López y Prieto, 2013), es decir que la recolección de la misma se realiza cuando casi están completamente maduras y suaves, generalmente en estado 3 y 4; esto hace que se reduzca considerablemente su vida útil en la poscosecha (Alcántara, 2009).

Estos factores anteriormente mencionados, hace que su velocidad de respiración sea alta, cerca de $15 \text{ mg } \frac{\text{CO}_2}{\text{kg.h}}$ a 0°C y se incrementa de cuatro a cinco veces conforme se incrementa la temperatura a 10°C , también cuando la fresa se daña mecánicamente en el proceso poscosecha y posterior comercialización (Pelayo, Ebeler y Kader, 2001).

En cuanto a la producción de etileno, la fresa produce menos de $0.1 \frac{\mu\text{L}}{\text{kg.h}}$, por lo tanto no responde a los tratamientos poscosecha con etileno para la estimulación de la maduración; aunque los tratamientos de eliminación de etileno del ambiente y atmosferas modificadas durante el almacenamiento puede reducir el desarrollo de enfermedades (Almenar, 2005).

5.1.6 Caracterización Patológica.

Existen diferentes tipos de plagas y enfermedades los cuales atacan a la fresa como: Thrips, Araña roja, Oidio, Mancha púrpura, Hongos del suelo como: *Pythium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.* y *Penicillium sp.* Además de bacterias las cuales se generan en zonas de temperaturas de 20°C y una humedad ambiental elevada (InfoAgro, 2012).

En general la fresa puede presentar varias enfermedades, aunque la que más afecta al fruto y que además es de importancia en el manejo poscosecha es la llamada hongo gris, la cual es una pudrición producida por *Botrytis cinérea* y causa las mayores pérdidas del cultivo. Cualquiera

factor que tienda a producir daños como magulladuras o exceso de manipulación en la cosecha favorece la propagación de la enfermedad (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007).

El desarrollo de esta enfermedad durante el manejo poscosecha, en la mayoría de las veces es el resultado de una infección durante la cosecha, aunque también se presenta en la poscosecha generalmente cuando las fresas sanas se presionan contra la lesión de una fruta enferma (Alcántara, 2009). Otras enfermedades poscosecha de fresa incluyen la pudrición por *Rhizopus* la cual es causada por *Rhizopus spp* y la descomposición de la piel causada por *Phytophthora cactorum* (Gómez, 2006).

5.2 Importancia económica del cultivo de fresa y producción

A nivel mundial, la producción de fresa presenta variaciones las cuales están relacionadas con: la superficie cosechada, el rendimiento, las condiciones climatológicas, la demanda-oferta y con la situación económica que prevalece en cada uno de los países productores; en el año 2012 hubo una producción de 4,516,810t de fresa en el mundo (FAOSTAT, 2014). En los últimos 6 años el promedio de producción mundial de fresa fue de 4,320,690t (tabla 4).

Tabla 4.

Producción mundial de fresa (Toneladas)

2007	2008	2009	2010	2011	2012	promedio
3,999,464	4,130,279	4,596,586	4,352,869	4,328,129	4,516,810	4,320,690

Fuente: FAOSTAT (2014)

El principal productor de fresa en el mundo ha sido Estados Unidos de América con un promedio de 1,250,366t en 6 años. Su producción en 2012 fue de 1,366,850t, con un 28.9% de participación en la producción mundial de fresa. México ocupó en el año 2012 el segundo lugar en producción con 360,426t; además países como España, Turquía y Egipto son países destacados en la producción de fresa (FAOSTAT, 2014).

En cuanto al manejo poscosecha empleado a nivel mundial, países como España, Italia y Francia, están empleando diferentes sistemas de manejo para la prolongación de su vida útil en fresco; ya que en la mayoría de países la calidad de la producción de fresas ha sido considerada un elemento secundario a costa de otras características como la capacidad productiva y el aspecto; con el cambiar de las exigencias y de las necesidades atadas a los gustos de los consumidores de fresas y al mercado hortofrutícola, la calidad de las fresas hoy representa un elemento de enorme importancia, cada vez más protagonista en los programas de mejora genética. Dulzura, acidez y aroma son los principales componentes del gusto del fruto, y su equilibrio influencia la apreciación del consumidor (Escobar, 2014).

Con relación a América Latina, como se muestra anteriormente, México es el principal productor de fresas, en los últimos años ha mejorado su productividad y sus exportaciones mundiales principalmente a Estados Unidos y Bélgica (Alcántara, 2009). Además países como Chile y Colombia han aumentado su producción durante la última década (FAOSTAT, 2014).

En el año 2011, Colombia participó a nivel mundial con el 0,97% de la producción de fresa, con 43.254t; el área de mayor producción en el país se encuentra en Cundinamarca, con un 60% del total nacional (Rubio, Alfonso, Grijalba y Pérez, 2014).

Para el año 2013 en Colombia se produjeron 42.453t de fresa, siendo Cundinamarca el departamento con mayor producción (22.562t), seguido por Antioquia (12.545t), Norte de Santander (3.360t), Cauca (2.808t), Boyacá (432,2t) y Nariño (113,1t). (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

A nivel regional, en el departamento de Nariño, municipios como San Bernardo y Pasto, han aumentado su producción en los últimos años, gracias a los diferentes sistemas de cultivo empleados, el acceso a nuevas tecnologías, además del apoyo de programas como prosperidad para todos y la Secretarías de Agricultura de cada municipio (DNP, 2015).

Dentro del municipio de Cumbal, en la vereda Tasmac, la Asociación Indígena Agroturística La Kumba, ganadora del concurso A Ciencia Cierta 2015 de Colciencias, con el proyecto "Cultivo de fresa con criterios agroecológicos, aplicando conocimientos ancestrales"; son pioneros en la producción de fresa dentro del municipio, ya que generalmente se realizan otro tipo de actividades de explotación extensiva como ganadería y minería (Colciencias, 2016).

5.3 Compuestos químicos

5.3.1 Fenoles totales.

Los compuestos fenólicos poseen una estructura química para ejercer una acción antioxidante actuando como captadores de radicales libres neutralizando especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes (Ceballos & Coral, 2012); estos compuestos participan de diversas funciones en el fruto, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la formación de componentes estructurales, la alelopatía y la defensa ante los factores adversos del ambiente (Paladino & Zurits, 2008).

Los fenoles están asociados al color, sabor, astringencia y dureza además sus características antioxidantes se deben a la reactividad del grupo fenol (Paladino & Zurits, 2008).

La fresa posee muchos compuestos fenólicos, en donde las antocianidinas son cualitativamente las más importantes dentro del grupo de polifenoles, los ácidos fenólicos y sus derivados desempeñan un papel importante en la determinación de las diferencias genotípicas y en la composición fitoquímica de la fresa (Villegas, 2011).

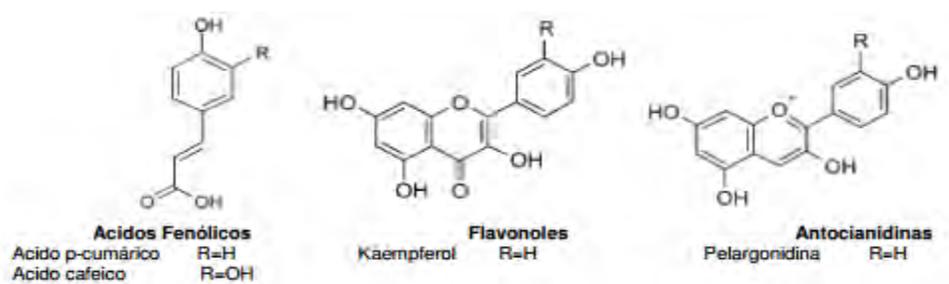


Figura 2. Compuestos fenólicos de mayor importancia en la fresa

Fuente: Villegas (2011).

Los compuestos fenólicos se dividen en dos grandes grupos, flavonoides y no flavonoides.

No flavonoides: Entre estos se encuentran los ácidos fenólicos y los estilbenos, en cuanto a las fresas son una fuente importante de ácido elágico, y además poseen un alto contenido en ácidos p-cumárico y p-hidroxibenzoico. Del grupo de los estilbenos, el compuesto más estudiado es el resveratrol, fitoalexina con carácter antiinflamatorio, protector cardiovascular y que participa en la profilaxis del cáncer (Creus, 2004).

Flavonoides: Estos compuestos se encuentran de manera natural en los vegetales; en general el sabor que aportan a los alimentos suele ser amargo llegando incluso a provocar sensaciones de astringencia dependiendo de lo condensados que sean los taninos. El sabor puede variar en función de las sustituciones presentadas en el esqueleto pudiéndose usar como edulcorantes cientos de veces más dulces que la glucosa (Creus, 2004).

5.3.2 Antocianinas

Dentro del grupo de antocianos, se encuentran las antocianinas, en formas glucosídicas de las antocianidinas. Las antocianidinas son cuantitativamente los más importantes polifenoles en la fresa. Estos compuestos son pigmentos naturales que se encuentran en frutas y dan tonalidades de rojizas a azuladas, según el pH del medio. Pelargonidina-3-glucósido y pelargonidina-3-glucósido y

pelargonidina-3-rutinósido las cuales son las principales antocianinas presentes en las fresas, siendo responsables de su color rojo (Chordi, 2013). La proporción de estas dos antocianinas puede variar entre el genotipo de las fresas maduras en el campo, pero hay cerca del 88% de 3-glucósido pelargonidina (Alcántara, 2009).

Estos compuestos son de gran importancia, influyendo fuertemente en la calidad de los frutos, contribuyendo a evaluar el estado de madurez de la fresa así como también a sus atributos sensoriales – organolépticos y a su valor nutricional (Soria, 2010).

5.4 Beneficios de las características funcionales para la salud

Las fresas contienen niveles significativos de compuestos con actividad biológica que proveen beneficios para la salud más allá de una nutrición básica. Las fresas son una fuente importante de antioxidantes en la dieta, lo que garantiza su eficacia en la inhibición de la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad en los humanos y prevenir o aliviar diversas enfermedades causadas como el resultado del estrés oxidativo (Soria, 2010).

Como se menciona anteriormente la fresa contiene una gran cantidad de nutrientes funcionales como se indican en la tabla 5. Estos compuestos poseen efectos preventivos contra enfermedades cardiovasculares, cáncer y pérdida cognitiva (Villa, 2010).

En varios estudios se evidencia que las antocianinas presentes en las fresas, son eficientemente absorbidas por el cuerpo y tienen efectos antioxidantes, también se ha demostrado que ayudan a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cancerígenas por poseer propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quimioprotectores, generando una acción preventiva contra infartos e inhibiendo el crecimiento de tumores (Tárin, 2015). Además el contenido de flavonoides y ácidos fenólicos, influyen fuertemente en la calidad de las frutas, dado que contribuyen en sus atributos organolépticos y en su valor nutricional (Villegas, 2011).

Tabla 5.***Micronutrientes funcionales de la fresa***

Sustancias	Beneficios
Alfa caroteno	Puede transformarse en vitamina A, antioxidante, anticancerígeno
alfa tocoferol	vitamina E, antioxidante
Antocianina	antioxidante, protege membranas
Ácido ascórbico	Vitamina C, antioxidante
Calcio	Mantiene los huesos y dientes, involucrado en neurotransmisión y músculos
Fibra	Ayuda a reducir el colesterol
Flavonoides	Antioxidante, incluye quercetina y kaempferol
Ácido Fólico	Necesario para la formación de células rojas, división celular y síntesis de proteínas
Leucina	A.A esencial
Lisina	A.A esencial
Magnesio	Necesario en los sistemas enzimáticos en la producción de energía

Fuente: Martínez *et al.*, (2013).

Otros compuestos indicados en el tabla 5, son utilizados para tratamientos de agudeza visual, desordenes circulatorios, diabetes y úlceras, además de que tienen propiedades antiinflamatorias, disminuyen la actividad viral y poseen un efecto antimicrobiano (Villa, 2010).

5.5 Calidad poscosecha

Se puede decir que la calidad en las frutas es el conjunto de propiedades biológicas, físicas y químicas que establecen el grado adecuado de un alimento o materia prima de tipo alimenticio y que determinan los requerimientos sanitarios, nutricionales, sensoriales y fisicomecánicos que deben ser satisfechos para el consumo humano, beneficio o transformación industrial (Casanova & Cordoba, 2013). Para definir la calidad es necesario conocer aspectos formales como: tamaño, forma, color, sabor, textura, aroma y además que estén libres de insectos bacterias y hongos. A continuación se indican las características fisicoquímicas más importantes:

Tamaño

Está definido por las dimensiones, el peso y el volumen, propiedades que pueden ser registradas por instrumentos analíticos, por lo tanto el tamaño es una propiedad dimensional que da una idea general del fruto; la forma uniforme y característica de un producto son importantes atributos de calidad. Los productos malformados pueden ser más susceptibles a los daños mecánicos y generalmente son rechazados por los consumidores (Alcántara, 2009). El tamaño del producto también puede ser importante dependiendo de su uso, ya que los consumidores tienden a asociar el tamaño grande con mayor calidad y frutas grandes como más maduras (McGillivray & Pedraza, 1998).

Textura

En frutas y verduras hace referencia a una característica de calidad que puede ser percibida con los sentidos del tacto y gusto, los cuales producen un conjunto de sensaciones mecánicas, ya sea cuando el producto es recogido por la mano o colocado en la boca y masticarlo. Además, en contraste con el sabor, esta característica generalmente se mide por el principio de resistencia a una presión que ejercen los tejidos del fruto, en donde depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño; la cual se mide con bastante facilidad utilizando diferentes métodos instrumentales como el penetrómetro y texturómetro (Barrett & Beaulieu, 2010).

Color

Esta propiedad es la percepción de la luz en una cierta longitud de onda, reflejada por un objeto y se puede cuantificar ya sea por absorbancia o transmitancia. El color de los objetos tiene tres características, el tono: el cual está determinado por el valor exacto de longitud de onda; la intensidad: la cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto; y el brillo: que depende de la calidad de luz que refleja el cuerpo en comparación con la luz que incide sobre él (Beltrán *et al.*, 2010).

El color es la base para la clasificación de muchos productos en las calidades comerciales, pero la concentración de pigmentos u otros constituyentes específicos proporcionan un mejor índice de calidad, ya que esta directamente relacionado con la madurez del fruto; por lo tanto el color se relaciona directamente con la percepción del consumidor, la apariencia y la concentración de otros constituyentes para dar sabor (Zapata, 2014).

Solidos solubles totales (SST)

Indica el porcentaje de solidos solubles de la materia fresca, que comprende azúcares, ácidos y sales (Association of Official Analytical Chemists, 1984) y por lo tanto esta generalmente aceptada como un rasgo importante en la calidad de los frutos (García, 2012).

5.6 Envases

El uso de envases para las frutas en fresco ha ido incrementando, ya que generalmente son una inversión la cual tiene como función: proteger el producto durante todas las etapas del proceso de mercadeo, eliminar la manipulación individual y estandarizar medidas y peso del producto (FAO, 2010).

Según la FAO (2010), el bajo valor de la mayoría de los productos frescos reduce el desarrollo de los envases, además los pocos que existen deben ser de materiales básicos de costo relativamente bajo. Sin embargo, la percepción de los productos frescos justifica buscar cualquier mejora en materia de envase, siempre que se muestre algún beneficio sobre la calidad de poscosecha y pueda justificarse económicamente.

PVC Policloruro vinilo (Vinipel)

En su forma no plastificada, esta película es la lámina base termoformable más ampliamente utilizada para envasado. El PVC posee una buena capacidad barrera frente a los gases y moderada al vapor de agua. Posee una excelente resistencia a grasas y aceites (Ospina & Cartagena, 2008).

Tereftalato de Polietileno (PET)

Es un material muy utilizado por poseer una buena barrera al CO₂, al oxígeno y la humedad, además posee una alta cristalinidad y transparencia con una buena resistencia a la temperatura (Alcántara, 2009).

LDPE (Polietileno de baja densidad)

Presenta una inercia química relativa y su permeabilidad es moderadamente baja al vapor de agua, pero alta para el oxígeno. En general, la permeabilidad a los gases es alta y posee una baja barrera frente a olores (Ospina & Cartagena, 2008).

Poliestireno expandido (Icopor)

Es una espuma rígida de color blanco caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente. Mantiene su capacidad de aislamiento térmico en el tiempo, no absorbe agua, no necesita de revestimiento adicional contra la absorción de humedad y no altera su conductividad térmica (García, 2012).

5.7 Fundamentos teóricos

5.7.1 Vida útil.

La vida útil o conservación de los alimentos se puede definir en función de los tratamientos que prolongan su duración, tiempo durante el cual el producto se encuentra en un estado de calidad satisfactoria en términos de valor nutricional, sabor, textura y apariencia. Una definición alternativa es que la vida útil es la duración en el periodo entre el envase de un producto y su uso, donde la calidad del producto permanece aceptable para ser usado (Arias, 2008).

Para determinar la vida útil, es necesario tener en cuenta la temperatura y describir su influencia en la cinética de deterioro con el fin de determinar los parámetros cinéticos tales como la constante de reacción y la energía de activación. Sin embargo, en estudios cinéticos experimentales no es posible determinar la constante de reacción propiamente, por lo que en su

lugar se mide directa o indirectamente en las variables de calidad, para posteriormente graficar los cambios en función del tiempo y ajustar estas curvas ya sea por métodos gráficos o estadísticos (Salinas *et al.*, 2007). De esta manera, se encuentra el orden de reacción y las constantes de reacción de las ecuaciones que describen el cambio en los componentes deseables o indeseables en el alimento (Mercado *et al.*, 2016).

5.7.2 Ecuaciones de vida útil.

Existen diferentes ecuaciones para determinar la vida útil de los productos alimenticios, éstas se generan a través de diferentes modelos matemáticos, en donde se aplica la velocidad de cambio en la calidad de los alimentos. La mayoría de las reacciones que han sido estudiadas en cuanto al deterioro de alimentos, se caracterizan por tener una cinética de orden cero o primer orden (Salinas *et al.*, 2007), sin embargo se han reportado casos en que también sigue un orden dos.

Según Garcés & Peñuela (2006), para determinar la cinética de degradación de los alimentos, se utiliza el método integral representado en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Cinética de orden Cero

$$\pm Q = Q_0 - kt$$

Ecuación 2. Cinética de orden uno

$$\ln \frac{Q}{Q_0} = kt$$

Ecuación 3. Cinética de orden dos

$$\frac{1}{Q_0} - \frac{1}{Q} = kt$$

En donde Q_0 = valor inicial del atributo de calidad; Q = valor del atributo en el tiempo t ; k = constante aparente de reacción (pendiente); t = tiempo.

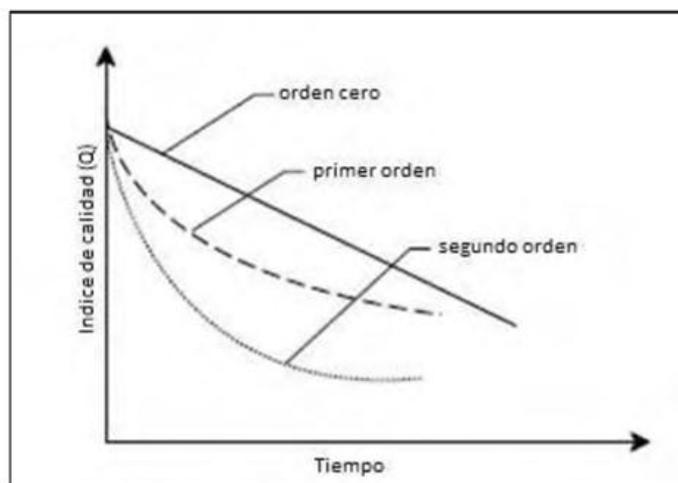


Figura 3. Cinéticas de degradación de los atributos de calidad en función del tiempo de acuerdo al orden 0, orden 1 y orden 2.

Fuente: (Piergiovann & Limbo, 2010)

Las representaciones gráficas de las ecuaciones de cinética de degradación de los atributos de calidad se indican en la figura 3 según su comportamiento para cada orden de reacción. Para determinar la cinética de deterioro y la vida de anaquel de un alimento, es necesario considerar varios criterios o índices de deterioro. En algunos casos, el crecimiento microbiano o la pérdida de nutrientes puede llegar a niveles inaceptables mientras que el alimento es considerado aun sensorialmente aceptable. Por lo tanto para establecer el límite que corresponda con la calidad fisicoquímica es necesario tener en cuenta variables microbiológicas, nutricionales y sensoriales (Salinas *et al.*, 2007).

5.7.3. Modelación del deterioro y predicción de vida de anaquel.

Modelación de Arrhenius

Uno de los modelos más utilizados en la determinación de la vida de anaquel de un producto, es el modelo de Arrhenius; en donde las reacciones de pérdida de calidad de los alimentos han

demostrado que siguen un comportamiento determinado con la temperatura dado por la ecuación 4 (Piergiovann & Limbo, 2010). A partir de lo anterior se genera una ecuación que involucre la energía de activación; se debe tener en cuenta que la vida útil de un producto se puede representar a través de ecuaciones de cinética de degradación de atributos de calidad, como se muestra en la figura 3.

Ecuación 4. Ecuación de Arrhenius

$$K = K_0 \exp \frac{E_a}{RT}$$

Donde K es la constante de velocidad de la reacción, Ko es la constante de la ecuación de Arrhenius y Ea la energía de activación que se necesita para vencer la degradación de productos.

En términos prácticos esto significa que si los valores de K se obtienen a diferentes temperaturas, y se grafica el lnK vs. 1/T, se obtiene una línea recta con pendiente $-E_a/R$. (R= 1.987cal/mol, constante universal de los gases). Usualmente, la velocidad de reacción se determina a tres o más temperaturas y graficando K contra 1/T. Utilizando la técnica de regresión lineal, se buscan los parámetros m y b, ya que con estos se buscan las constantes para cada una de las temperaturas de almacenamiento.

6. METODOLOGIA

Para la ejecución de esta investigación se siguió la siguiente metodología, la cual consta de tres fases: en primera instancia la evaluación de los cambios fisicoquímicos de la fresa cuando son expuestas a tres tratamientos. Posteriormente se realizó las cinéticas de deterioro en función de los datos obtenidos en el objetivo específico uno. Por último se determinó la vida útil en el tratamiento más óptimo por medio de Arrhenius y se analizaron las propiedades funcionales, microbiológicas y bromatológicas de la fresa a través del tiempo.

6.1 Evaluación del efecto del envase y la temperatura sobre algunas propiedades fisicoquímicas de la fresa a través del tiempo

6.1.1 Selección de los campos de cultivo.

Ya que la Asociación Indígena Agroturística La Kumba posee diferentes cultivos de fresa alrededor de la vereda Tasmag en Cumbal (Nariño), se recorrieron varios invernaderos y se escogió el de mayor producción (Invernadero No. 9) para la toma de muestras, también se tuvo en cuenta los siguientes factores: características agroecológicas, ubicación, cultivos sanos y en buen estado, prácticas agrícolas y de manipulación.

6.1.2 Recopilación de la información primaria.

Para obtener información acerca de los procedimientos y prácticas utilizadas en la recolección y proceso poscosecha de la fresa realizados por la Asociación La Kumba, se utilizaron listas de verificación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) (Anexo 1 y 2); las cuales se realizaron visualmente y con apoyo del personal operativo de la asociación.



Imagen 1. Realización de encuestas con las listas de chequeo en BPA y BPM a la Asociación

Indígena Agroturística La Kumba

Fuente: Esta Investigación

6.1.3 Análisis de la información recopilada.

Al obtener la información necesaria de la Asociación La Kumba, se procedió a realizar su respectivo análisis para determinar las falencias que tienen en cuanto a la cosecha y poscosecha (Casanova & Cordoba, 2013). Este análisis se realizó por medio de la matriz de vester, en donde se tiene como principio que existe un problema general el cual genera la mayoría de consecuencias; por lo tanto se determinaron aquellos problemas que una vez solucionados, contribuirían a resolver otros.

Dicha matriz se construyó con la ayuda de los asociados, se determinó la relación de causalidad existente entre cada problema con respecto a los demás, para ello se utilizó la escala de vester: 0 no es causa, 1 causa débil, 2 causa media, 3 causa fuerte y 4 causa muy fuerte (Escobar, 2014).

De acuerdo al puntaje alcanzado en cada una de las interacciones otorgada a cada criterio en cuanto a su actividad o pasividad se tipificaron en cuatro categorías de criterios que fueron tratados de forma diferente, los cuales son criterios activos y neutrales.

6.1.4 Obtención del material vegetal.

Cosecha

La cosecha se realizó en horas de la mañana por los trabajadores de la Asociación La Kumba, las unidades de muestreo se escogieron de diferentes puntos del invernadero y al azar teniendo en cuenta el estado de madurez tipo 3 y 4 como se indica en la figura 4 (ICONTEC, 1997). La adecuación de la fresa se realizó separando el material vegetal de materiales sólidos (suelo y hojas).

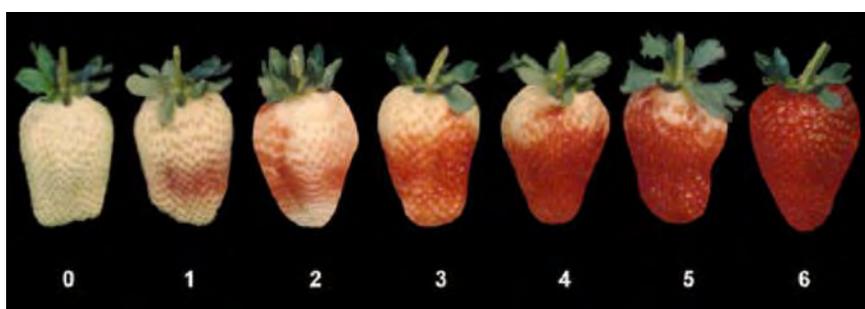


Figura 4. Tabla de color de fresa variedad Chandler

Fuente: (ICONTEC, 1997)

Las fresas se transportaron a la universidad de Nariño en una hielera portátil con recubrimiento interno de poliuretano, posteriormente se refrigeraron a 4°C y se analizaron al día siguiente.

Selección y clasificación

Las fresas se seleccionaron y clasificaron en el laboratorio de investigación en conservación y calidad de alimentos de la Universidad de Nariño, sede Torobajo Pasto (Nariño), a una altura de 2527 msnm, con una temperatura media de 18°C y humedad relativa de 70%. Estas operaciones se realizaron por medio de inspección visual separando los frutos en buen estado y libres de daños mecánico, en la imagen 2 y 3 se observa las fresas que se utilizaron las cuales fueron clasificadas en estado tres y cuatro con ayuda de la tabla de color presentada en la figura 4.

Lavado y desinfección

Esta operación se realizó en el laboratorio colocando las muestras sobre una superficie desinfectada y se procedió al lavado de las fresas por aspersión, utilizando hipoclorito de sodio a 50ppm (Restrepo & Aristizabal, 2010), esto para reducir el deterioro por hidratación (Campo *et al.*, 2016).



Imagen 2. Selección y clasificación de las muestras a analizar.

Fuente: Esta investigación



Imagen 3. Lavado y desinfección de las muestras

Fuente: Esta Investigación.

Envasado de material vegetal

El envasado de las fresas se realizó en dos tipos de envases, los cuales son los más utilizados: poliestireno extendido recubierto con una capa de papel vinipel, con una transparencia del 2.1% y tereftalato de polietileno (PET) termoformado en la referencia sello plus tapa plana 12oz y se envasó $170 \pm 5g$ de muestra en cada uno de los envases. Se emplearon tres réplicas por cada tratamiento.



Imagen 4. Envasado de las muestras.

Fuente: Esta Investigación.

Almacenamiento de muestras

Una vez que las fresas fueron depositadas en los envases, éstos se sellaron y se almacenaron a tres temperaturas 4, 18 (temperatura ambiente) y 30°C como se indica en la imagen 5.



Imagen 5. Almacenamiento de muestras a diferentes temperaturas (4, 18, 30)°C

Fuente: Esta Investigación.

6.1.5 Caracterización fisicoquímica de la fresa.

Para la ejecución de la investigación fue necesario obtener datos en los días 1, 2, 4, 7, 9, 11, 15 y 17, en los cuales se llevó a cabo las siguientes pruebas:

Variación de Sólidos Totales (SST)

La obtención de la pulpa se obtuvo por medio la metodología propuesta por Shamaila, Baumman, Eaton, Powrie y Skura (1992) y Alcántara (2009), por lo cual, se procesaron 3 réplicas de muestra de 50g cada una, durante los días 1, 2, 4, 7, 9, 11, 15 y 17. Para centrifugar se utilizó la centrifuga Dynamica velocity 18R, a una velocidad de 10.000 rpm durante 10 minutos a 4°C, posteriormente, el sobrenadante se pesó para determinar el porcentaje de pulpa, este mismo sirvió para determinar el pH, acidez titulable y sólidos solubles totales (SST).

Se determinó por medio de lectura directa de la pulpa de fresa obtenida anteriormente, como se indica en la metodología propuesta por Bernal (1994); utilizando un refractómetro de mesa Brixco 3030 y expresando el resultado en °Brix.



Imagen 6. Determinación de SST

Fuente: Esta Investigación.

Acidez titulable

Se determinó por el método de titulación potenciométrica siguiendo el método propuesto por Soria (2010). Ésta se realizó a través de la titulación de 5 mL de pulpa de fresa con NaOH 0,1N y con 3 gotas de fenolftaleína hasta llegar a un pH de 8,2. La acidez titulable se obtuvo a partir de la siguiente ecuación según la NTC 4103 (ICONTEC, 1997):

Ecuación 5. Porcentaje de ácido cítrico.

$$\% \text{ Acido Cítrico} = \frac{V_1 \times N}{V_2} \times K \times 100$$

Dónde: V_1 = Volumen de NaOH consumido (mL), V_2 = Volumen de muestra (5mL), K= Peso equivalente del ácido cítrico (0,064g/meq), N = Normalidad del NaOH (0,1 meq/mL).



Imagen 7. Determinación de Acidez Titulable

Fuente: Esta Investigación.

Índice de madurez

Con los datos obtenidos anteriormente, se determinó el índice de madurez, el cual se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable (ICONTEC, 1997), el cual se expresa como °Brix/% de ácido cítrico.

Ecuación 5. Índice de madurez

$$\text{Índice de madurez} = \frac{S.S.T}{\text{Acidez Titulable}}$$

Porcentaje de pérdida de peso

Se determinó por el método de gravimetría usado por Almenar (2005), en donde se toma el peso inicial de la fresa envasada y el peso final en cada día de estudio, además de peso de las fresas antes de la introducción a cada envase, el cálculo se realiza por medio de la ecuación 6 y los resultados se expresan en %.

Ecuación 6. Pérdida de peso

$$Pérdida\ de\ peso\ (\%) = \frac{(Peso_{inicial} - Peso_{final})}{Peso\ Fresa} \times 100$$



Imagen 8. Determinación de pérdida de peso

Fuente: Esta Investigación.

Colorimetría

Se utilizó el espectrofotómetro CM5 Konica Minolta, teniendo en cuenta un área de medición de 30mm, además de un ángulo observador de 10° iluminante D 65, haciendo la lectura de manera transversal en la parte superior cerca al pedúnculo.

El índice de color se establece a partir de la medida de los valores triestímulos o las coordenadas L* la cual representa la luminosidad con intervalo de cero a cien para negro y blanco respectivamente; a* y b* corresponde al tono de colores los cuales pueden variar del color verde (valores negativos) a amarillo (valores positivos). (Vignoni & Cesari, 2007).



Imagen 9. Determinación del parámetro de color a^* y b^*

Fuente: Esta Investigación.

Firmeza

La resistencia de penetración se determinó como la fuerza requerida para penetrar el fruto. Para la investigación se procesó 18 fresas por cada día y la determinación se realizó sobre la parte superior de la fresa (Association of Official Analytical Chemists, 1984); para ello se utilizó el texturometro Lloyd LS1 con una punta cilíndrica de 4,6mm de diámetro, una pre-carga de 8 Newton (N) y una velocidad de 0,16 mm/s; el método de punción se realizó con una dirección de compresión, en donde la medida obtenida indica la fuerza necesaria para penetrar la fruta en función del tiempo y la distancia (Saavedra & Algecira, 2010). La lectura de los datos se realizó mediante el software Nexygen plus.



Imagen 10. Determinación de firmeza

Fuente: Esta Investigación.



Imagen 11. Obtención del extracto de fresa.

Fuente: Esta Investigación.

Medición de potencial de Hidrógeno pH

La medición del pH es una medida de la acidez iónica, en este caso de la fresa y se realiza a través de un potenciómetro, para esto se utilizó un potenciómetro HANNA Instrument, modelo Checker, utilizando la metodología descrita por la A.O.A.C. (1984), realizando lecturas directamente a la pulpa de fresa anteriormente extraída en la metodología del porcentaje de pulpa, a temperatura ambiente.



Imagen 12. Determinación de pH en pulpa de fresa

Fuente: Esta Investigación

6.2 Diseño experimental

6.2.1 Evaluación fisicoquímica.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar categórico con tres repeticiones y dos factores de estudio, donde el factor A es la temperatura y el factor B es el tipo de envase. Las características principales de los envases utilizados se indican en la tabla 6 y los tratamientos de cada factor se indican en la tabla 7.

Se evaluó la cinética de deterioro para los factores fisicoquímicos de: firmeza, índice de color, % de pérdida de peso, índice de madurez, pH y acidez titulable, utilizando la pulpa de fresa, empleando ensayos destructivos, siendo las variables de respuesta las constantes cinéticas para cada variable.

Análisis de datos

En cuanto al análisis de datos, se realizó el procedimiento de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias con la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confiabilidad mediante el programa Statgraphics Centurión XVI.I.

Tabla 6.

Características principales de los envases

Envases	Intensidad de transmisión de O ₂ * (cm ³ .m-2día*atm)	Permeabilidad relativa**	Intensidad de transmisión de vapor de agua*** (g.m-2.día -1)	Intensidad relativa de transmisión de vapor de agua****
Cloruro de Polivinilo (vinipel)	2.000 – 50.001	Baja	2.001	Muy alta
Tereftalado de polietileno - PET	50-100	Baja	20-30	Semibarrera

* 23°C 0% HR; ** 23°C 0% HR; *** 38°C 90%HR; **** 28°C 90%HR

Fuente: (Ospina & Cartagena, 2008)

Tabla 7.**Identificación de tratamientos**

Tratamiento	Temperatura °C)	Envase
T1	30	Tereftalato de polietileno - Pet
T2	30	Poliestireno extendido - Vinipel
T3	18*	Tereftalato de polietileno - Pet
T4	18*	Poliestireno extendido - Vinipel
T5	4	Terftalado de polietileno - Pet
T6	4	Poliestireno extendido - Vinipel

*Temperatura Ambiente promedio en la Ciudad de Pasto

Fuente: Esta investigación

Por otra parte, la bondad de ajuste del modelo para el cálculo de las cinéticas de deterioro se evaluó con las ecuaciones 7 y 8, además con del coeficiente de determinación (R^2) y la desviación estándar.

Ecuación 7. Raíz cuadrada del error medio cuadrático

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (C_{cal} - C_{exp})_n^2}{n} \right]^{0.5}$$

Ecuación 8. Error porcentual promedio

$$E\% = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|(C_{cal} - C_{exp})_n|}{C_{exp}}}{n} \times 100$$

Dónde: C_{cal} : valor calculado, C_{exp} : valor experimental y n: es el número de determinaciones.

Varios autores citados por Brousse, Vergara, Zubreski, Cruz y Martos (2014) mencionan que un buen ajuste es indicado por un R^2 mayor que 0.85, $E\% < 10\%$ y valores de $RMSE < 0,3$ indicando que los valores del pronóstico son muy aproximados a los valores reales, resultados superiores de los parámetros estadísticos indican grandes errores en el pronóstico (Cerón, Osorio y Garcés, 2016).

6.3 Realización de la cinética de vida útil para la fresa cultivar Albión bajo las mejores condiciones de almacenamiento.

Para determinar la cinética de degradación, se comprobó en gráficas, el orden de la reacción para cada uno de los experimentos realizados en función del tiempo (17 días) (Garcés & Peñuela, 2006). Para realizar las gráficas se utilizó el método integral descrito por Salinas *et al.* (2007), correspondiendo a una reacción de orden cero, uno y dos, según las ecuaciones 1, 2 y 3 anteriormente mencionadas.

6.3.1 Evaluar en el tratamiento óptimo el efecto del almacenamiento en algunas propiedades funcionales de la fresa.

Al realizar las gráficas se obtuvo el coeficiente de correlación (R^2), por medio de la linealización de las gráficas y se tuvo en cuenta el mayor coeficiente, el cual se ajustó a la ecuación cinética y al tiempo de vida.

Se analizó el mejor tratamiento de conservación de las fresas, por medio de las ecuaciones 8 y 9 para realizar el gráfico de Arrhenius. En donde se determinó la energía de activación y además se linealizó para obtener la ecuación de Arrhenius (García *et al.*, 2011).

A partir de las ecuaciones de la cinética de deterioro en el mejor tratamiento, se obtuvo el tiempo para conocer la vida útil estimada, por último se extrapoló para finalmente linealizar y obtener la ecuación de vida útil.

6.3.2 Análisis Funcionales.

Una vez identificado el mejor tratamiento, fueron evaluadas algunas propiedades funcionales en este, en el primer y último día de la vida útil del fruto.

Determinación de fenoles totales

La determinación de los compuestos fenólicos totales se llevó a cabo por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Palomino, García, Gil, Rojano y Durango, 2009) con algunas

modificaciones. Para la determinación de fenoles totales de los días 1 y 17, se empleó 500 μL de extracto de fresa obtenido por la metodología propuesta por Chordi (2013), la cual se obtuvo a partir de una homogenización de 15 g de fresa y 30 ml de metanol al 80%. Después, se centrifugó a 10.000 rpm durante 15 minutos a 4°C. Finalmente, se filtró y se obtuvo el extracto de fresa. Se le adicionó 800 μL de agua y 100 μL del reactivo Folin Ciocalteu, se dejó en incubación a 30°C por 6 minutos; posteriormente se adicionó 50 μL de Na_2CO_3 al 20 % (p/v) y se aforó a un volumen final de 10 mL con agua destilada. Se dejó en reposo durante 60 minutos. A continuación se tomó la lectura de la solución en reposo (2 mL) en un espectrofotómetro Thermo Scientific™ GENESYS 10S UV-Vis a 765 nm. El blanco utilizado es agua destilada grado HPLC (López & Ruiz, 2012).



Imagen 13. Determinación de Fenoles Totales.

Fuente: Esta Investigación.

Para la curva de calibración se utilizó ácido gálico en soluciones de 500; 400; 200, 100 y 50 ppm, expresando los resultados en mg equivalente ácido gálico/ 100g de peso en fresco. Cada uno de los ensayos se realizó por triplicado (Zapata & Piedrahita, 2014).



Imagen 14. Soluciones curva de calibración

Fuente: Esta Investigación.

Determinación de antocianinas totales (AT)

Las antocianinas pueden estar presentes en diferentes estructuras y pueden tener cambios en sus espectros de absorción cambiando el pH de la solución (Soria, 2010).

El contenido en antocianinas totales de las fresas en los días 1 y 17 se determinó mediante el método espectrofotométrico propuesto por Meyers Watkins, Pritts y Liu (2003). Se homogenizó 15g de fresa con 30mL de metanol al 80% y se centrifugó a 10000 rpm durante 20 minutos a 4°C. A continuación, se filtró y se colocó 1,25mL del extracto obtenido en dos matraces aforados de 50mL, uno de ellos se aforó con cloruro potasio 0.025M y el otro con acetato de sodio 0.4 M a pH 4.5 y pH 1. La absorbancia de cada una de las mezclas se determinó con un espectrofotómetro Thermo Scientific™ GENESYS 10S UV-Vis a 510 y 700 nm (Chordi, 2013).



Imagen 15. Determinación de Antocianinas.

Fuente: Esta Investigación.

Los resultados obtenidos en la determinación de las antocianinas totales se expresaron en mg antocianinas/kg de muestra y el contenido en antocianinas se calculó a partir de la Ecuación 9.

Ecuación 9. Antocianinas Totales

$$TA = \frac{\{[(A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}] \times PM \times DF \times 1000\}}{\varepsilon \times L}$$

Dónde PM: peso molecular de la pelargonidina-3-glucósido (433.0 g/mol), DF: factor de dilución, ε : coeficiente de extinción (22400 L/molxcm), L: longitud de la cubeta en 1 cm.

6.3.3 Análisis Bromatológicos.

Para conocer el contenido nutricional de la fresa cultivar Albión, se realizaron pruebas bromatológicas en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, para los días 2, 7 y 15, de las muestras destinadas a la determinación de la vida útil. El contenido de nutrientes se determinó por medio de las siguientes técnicas:

Determinación de humedad: Se realizó utilizando el secado por estufa.

Determinación de cenizas: En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C.

Determinación de lípidos: se realizó por medio del método Soxhlet

Determinación de Proteína: se realizó por el método Kjeldahl.

6.3.4 Análisis Microbiológicos.

Para el estudio microbiológico, las muestras de fresas destinadas a la determinación de la vida útil, fueron analizadas en los días 1, 8 y 16, en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, las variables utilizadas para su estudio fueron:

Coliformes totales y fecales: las pruebas para su análisis se realizaron por el método del Numero Más Probable (NMP)

Salmonella/25g: Su detección se llevó a cabo por el método de Presencia/Ausencia

Recuento Hongos y Levaduras, Mesófilos, Recuento de *Estafilococo Coagulasa*, Recuento de *Bacillus céreus*: se realizaron por el método de Recuento en Placa.

Recuento de Esporas *Clostridium sulfito-Reductor* se realizó por el método de Recuento en Tubo.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Evaluación del efecto del envase y la temperatura sobre algunas propiedades fisicoquímicas de la fresa a través del tiempo.

7.1.1 Análisis de la información recopilada BPA.

Con la recopilación de la información del listado de chequeo sobre el cumplimiento de las BPA en la Asociación La Kumba, se determinaron las variables que afectan en mayor medida a la producción de fresa tanto por incumplimiento de las normas como por posibles deficiencias en el cultivo las cuales se muestran en la tabla 8.

Tabla 8.

Variables que afectan la producción de la fresa BPA

No.	Siglas	PROBLEMA
1	CS	Falta de Calidad del Suelo
2	CB	Falta de Calidad del Bioabono
3	CF	Falta de Calidad del Fertiriego
4	CA	Falta de Calidad del Agua
5	PYE	Bajo control de plagas y enfermedades
6	EFYP	Enfermedades en fruta y planta
7	CP	Baja Capacitación del Personal
8	HIN	Herramientas Inadecuadas
9	CAL	Contaminación de Alrededores
10	REST	Baja Restricción de Acceso de personas y animales al Invernadero
11	ININ	Baja calidad en la infraestructura del invernadero
12	PF	Baja Producción de Fresa
13	RPR	Ausencia de Registros de procedimientos
14	EST	Falta de estandarización (algunos puntos escritos otros no)
15	LYD	No Limpieza y desinfección del invernadero
16	BI	Baja sostenibilidad

Fuente: Esta investigación

Con los productores se estableció la relación de causa y efecto que existen entre todas las variables, dándoles una calificación de 0 a 3, donde las influencias de cada causa sobre el efecto se clasifican así:

0: Sin influencia, 1: Débil, 2: Media y 3: Fuerte.

De esta manera se obtuvo la Matriz de Influencias Directas BPA, la cual se indica en el Anexo 3. Con la anterior información, se realizó el análisis a través del Software MICMAC que tiene por objetivo determinar cuál es el problema central y cuáles son los problemas raíz, lo anterior se representa en la figura 5.

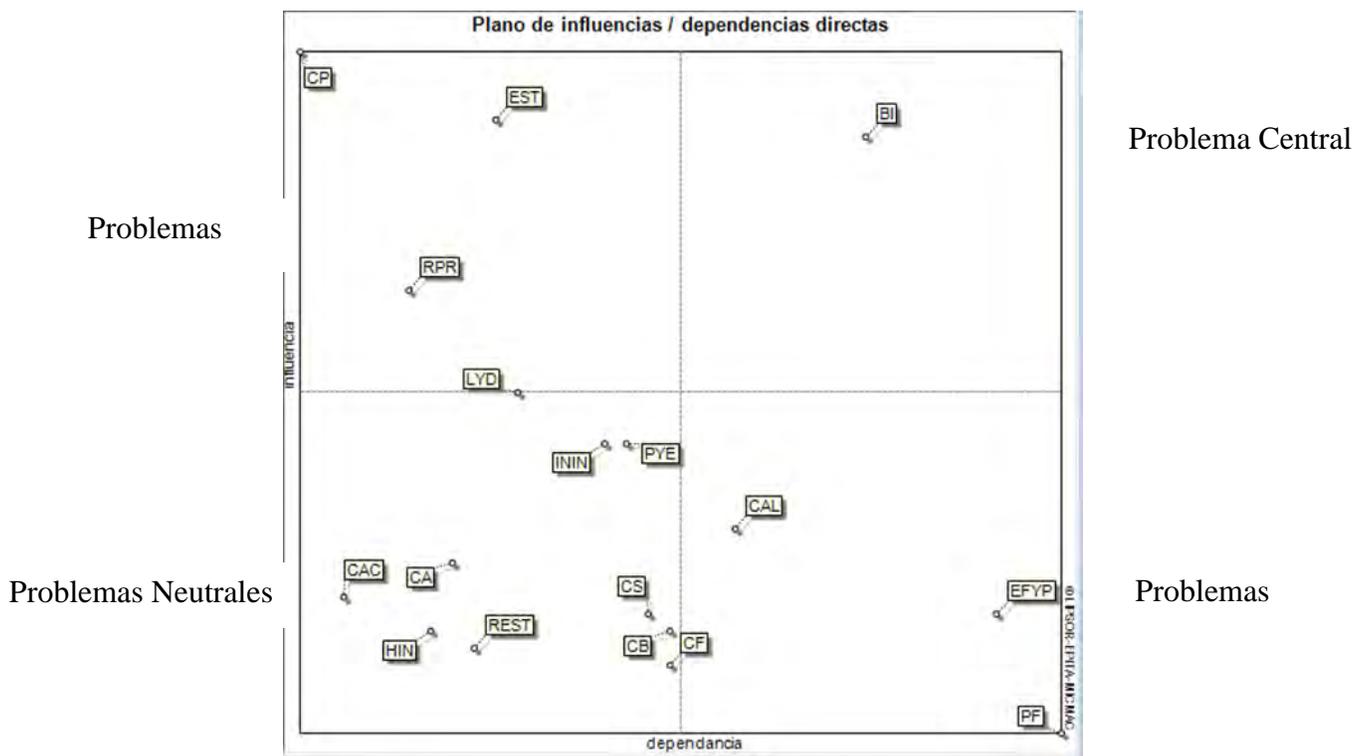


Figura 5. Clasificación de problemas en BPA-MICMAC

Fuente: Esta investigación

7.1.1.1 Problema Central BPA.

Como se puede evidenciar en la figura 5, el problema central es la baja sostenibilidad de la asociación, esto quiere decir que al generarse ingresos irregulares por los problemas de

producción y pérdidas poscosecha se evidencian bajos ingresos, por lo tanto la sostenibilidad productiva y financiera de la asociación puede estar en riesgo.

7.1.1.2 Problemas raíz BPA.

Baja capacitación del personal

La capacitación del personal es fundamental para mejorar las buenas prácticas agrícolas (por ejemplo incorporar un sistema de manejo integrado de plagas, procedimientos de limpieza y desinfección, etc.) y con ello aumentar la productividad del cultivo.

Baja estandarización

No existen procedimientos claramente definidos que se implementen en todos los invernaderos, obteniéndose distintos niveles de producción, los cuales son bajos en comparación al potencial productivo que pueden alcanzar

Ausencia de registros de procedimientos

Al no existir documentos por escrito de lo que se debe realizar, y de lo que se ha realizado, se generan problemas en la estandarización en la implementación de las BPA.

No Limpieza y Desinfección de los invernaderos

La limpieza y desinfección son una parte fundamental para la prevención de enfermedades de las plantas y el fruto en el invernadero. Un seguimiento en campo a estas dos etapas genera plantas sanas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015); además procesos de limpieza de malezas dentro del invernadero hace que los nutrientes proporcionados por el suelo y abono sean absorbidos por la planta y por lo tanto las pérdidas durante el desarrollo del fruto disminuyen y la producción aumenta (García, 2012).

Al implementar estrategias para resolver los problemas raíz antes mencionados, disminuye el impacto al igual que el daño causado a la productividad del cultivo; con ello su rentabilidad

aumenta y como consecuencia se incrementan las posibilidades de mejorar la sostenibilidad y el mejoramiento continuo del sistema productivo.

7.1.1.3 Problemas Pasivos y Neutrales BPA.

Pasivos

Contaminación de alrededores, enfermedades en la fruta y en la planta, y la baja producción de fresa.

Neutrales

Baja calidad en la infraestructura del invernadero, bajo control de plagas y enfermedades, ausencia de centro de acopio, falta de calidad en el agua, falta de calidad del suelo, herramientas inadecuadas, baja restricción de acceso, falta de calidad del bioabono, y falta de calidad del fertiriego.

Son problemas de menor influencia pero que de igual manera se deben eliminar estratégicamente. Estos problemas son consecuencias de los problemas raíz, para eliminarlos las estrategias deben estar enfocadas en contrarrestarlos; por ejemplo con mayor capacitación, la implementación de un sistema integrado de manejo de plagas y enfermedades, implementación de procedimientos de limpieza y desinfección con su debida estandarización y seguimiento se logrará disminuir las enfermedades en la fruta y en la planta, además de aumentar la producción de fresa.

De igual manera se realizó el mismo procedimiento para el análisis obtenido de las listas de chequeo en BPM.

7.1.2 Análisis de la información recopilada BPM.

A partir de la información recopilada en las listas de verificación acerca del cumplimiento de las BPM en la Asociación La Kumba, se identificaron los problemas asociados a las BPM

representados en la tabla 9 para luego establecer las variables de mayor dependencia y sus principales consecuencias o puntos críticos los cuales deben ser atendidos con mayor prioridad.

Tabla 9.

Variables que afectan la producción de la fresa BPM

No.	Sigla	PROBLEMA
1	A	Ausencia de instalaciones para acopio
2	B	Prácticas Pos Cosecha Inadecuadas
3	C	Mala ubicación de áreas
4	D	Servicios sanitarios insuficientes
5	E	Insuficiente dotación para la manipulación del fruto
6	F	Concientización, Capacitación y Formación
7	G	Incumplimiento o Ausencia del plan de saneamiento
8	H	Falta de tanque de agua
9	I	Utilización de agua no potable
10	J	Mal manejo de residuos sólidos y líquidos
11	K	Ausencia de inspección en LYD en las áreas, utensilios y trabajadores
12	L	Equipos y utensilios inadecuados
13	M	Ausencia de Registros de procedimientos
14	N	Falta de envases
15	O	Mal almacenamiento de producto terminado
16	P	Falta de transporte adecuado
17	Q	Ausencia de manuales
18	R	Pertinencia del Talento Humano
19	S	Perdidas poscosecha
20	T	Ingresos

Fuente: Esta investigación

Con los productores se estableció la relación de causa y efecto que existen entre todas las variables, dándoles una calificación de 0 a 3 de la misma forma que en análisis de BPA.

De esta manera se obtuvo la Matriz de Influencias Directas en Buenas Prácticas de Manufactura; la cual se indica en el Anexo 4. Con los resultados obtenidos, se realizó el análisis a través del

Software MICMAC determinando el problema central y raíz, lo anterior se representa en la figura 6.

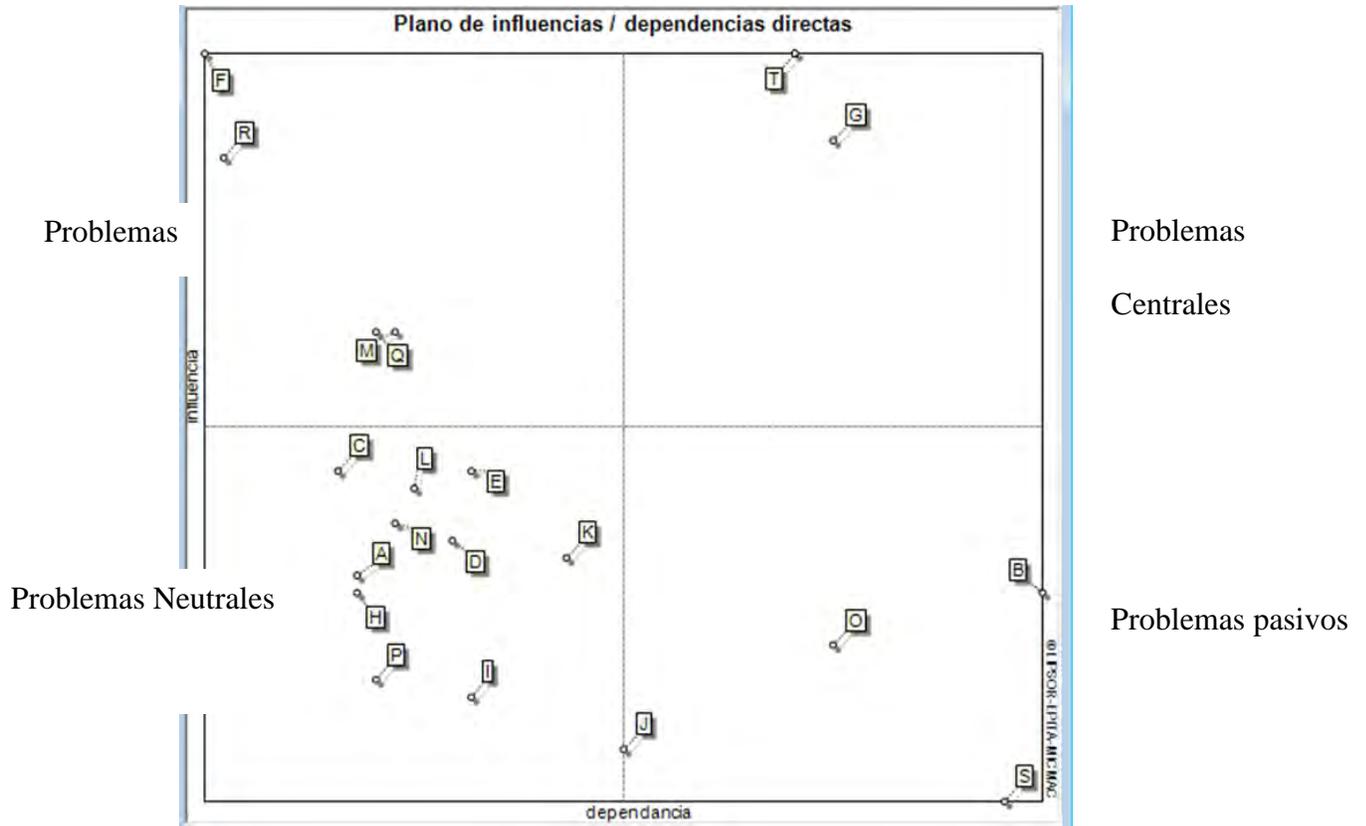


Figura 6. Clasificación de problemas en BPM-MICMAC

Fuente: Esta investigación

7.1.2.1 Problemas centrales BPM.

Los problemas centrales se ubican en el cuadrante superior derecho, los puntos “T” y “G” que corresponden a: Ingresos e incumplimiento o ausencia de un plan de saneamiento. Estos son los problemas que mayor influencia y codependencia tienen con las otras 18 variables, ya que la posibilidad de conocer sus ingresos, además de comprender y analizar los costos de producción y comercialización de la fresa pueden evitar pérdidas; lo anterior es indispensable para la asociación; por lo tanto es preciso crear alternativas de solución a través de estrategias prácticas y

métodos que permitan prolongar la vida útil de la fresa y con ello generar mayores ingresos fundamentales para la sostenibilidad de la organización.

7.1.2.2 Problemas Raíz BPM.

Se detectaron cuatro problemas raíz, los cuales están directamente ligados a mantener la vida útil de la fresa, las cuales son: Prácticas poscosecha inadecuadas, mal almacenamiento del producto terminado, mal manejo de residuos sólidos y líquidos y pérdidas poscosecha.

Dentro de las pérdidas se encuentran: reducción de firmeza, daño mecánico, pudriciones, fermentaciones, daños por hongos y otras enfermedades.

Entre las prácticas observadas en la asociación se logró establecer que es de suma importancia adquirir canastillas adecuadas para el transporte y almacenamiento de las fresas que eviten el daño. Por otra parte es importante que durante el transporte que actualmente se hace en moto, se proteja los contenedores de fresa para evitar la contaminación cruzada por efecto del aire en contacto directo con la fresa. Otro de los puntos importantes observados en la evaluación es la ausencia de un centro de acopio, es decir un espacio físico destinado únicamente a las labores de limpieza, adecuación, selección, pesaje, envase y almacenamiento de la fresa.

7.1.2.3 Problemas Pasivos y neutrales BPM.

Los problemas pasivos son: capacitación, talento humano, ausencia de registros y manuales, los cuales están directamente correlacionados ya que la Asociación La Kumba posee talento humano pertinente, pero en general necesitan tener capacitaciones continuas y concientización de los procesos tanto de siembra, cosecha y poscosecha en fresa; por medio de la capacitación se logra el uso de registros y procedimientos lo cual genera una correlación con los problemas raíz. Cabe resaltar que los miembros de la asociación tienen a su favor el interés por mejorar y capacitarse continuamente, sin embargo para lograr resultados de mayor impacto y acelerar el proceso de mejora, es importante continuar, ampliar y profundizar en los procesos ya que todo

parte del hecho de ser conscientes de la importancia de conocer y aplicar nuevas y mejores técnicas, tener ese conocimiento y aplicarlo. En el conocimiento y su aplicación está es la clave del desarrollo de las organizaciones.

Los problemas neutrales son: ausencia de instalaciones para acopio, mala ubicación de áreas, servicios sanitarios insuficientes, insuficiente dotación para la manipulación del fruto, falta de tanque de agua y además utilización de agua no potable, falta de envases, entre otros.

Si bien todas estas variables son importantes a la hora de prolongar la vida útil de la fresa, mejorar las condiciones de presentación, evitar pérdidas y demás, todas estas variables son consecuencias, en primer lugar de no tener o no cumplir con un plan de saneamiento y segundo no cumplir con las directrices de la resolución 2674 de 2013.

7.2 Comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y determinación de cinéticas de deterioro de la fresa en su almacenamiento

En la tabla 10 se indican los valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos de la fresa y además son el punto de partida para determinar la cinética de deterioro de la fresa; esto se debe a que la recolección de los frutos se realizó en horas de la tarde y fueron transportadas para su posterior análisis al día siguiente, tal como se muestra en la metodología.

Tabla 10.

Datos iniciales de las variables fisicoquímicas.

Variables Fisicoquímicas	Valor Inicial*	Unidades
Índice de Madurez	7,0701 ± 1,0133	(SST / % Ac. Cítrico)
Porcentaje de pérdida de peso	0	Porcentaje (%)
Parámetro de color b*	17,6818 ± 1,835	Sin unidades
Firmeza	8,3269 ± 0,8670	Newton (N)
pH	3,1100 ± 0,1557	Sin unidades

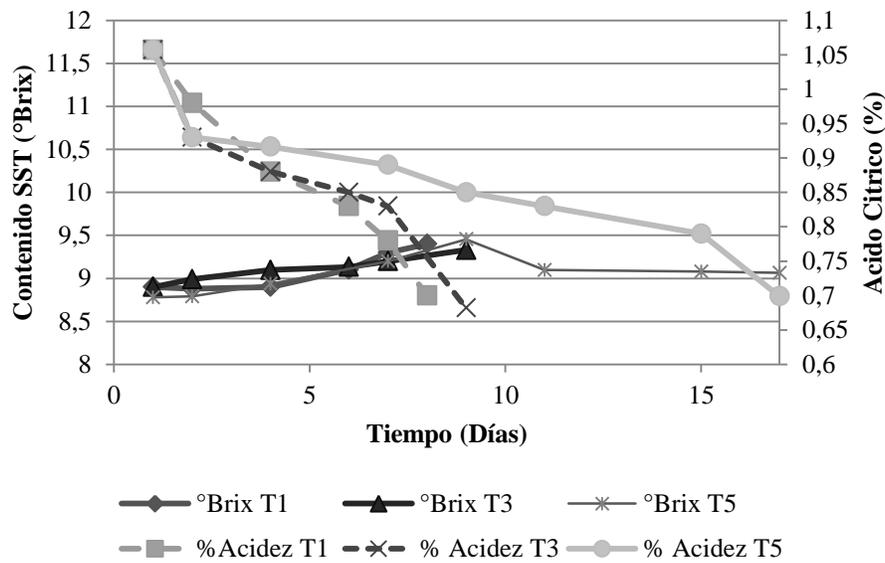
*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar.

Fuente: Esta investigación

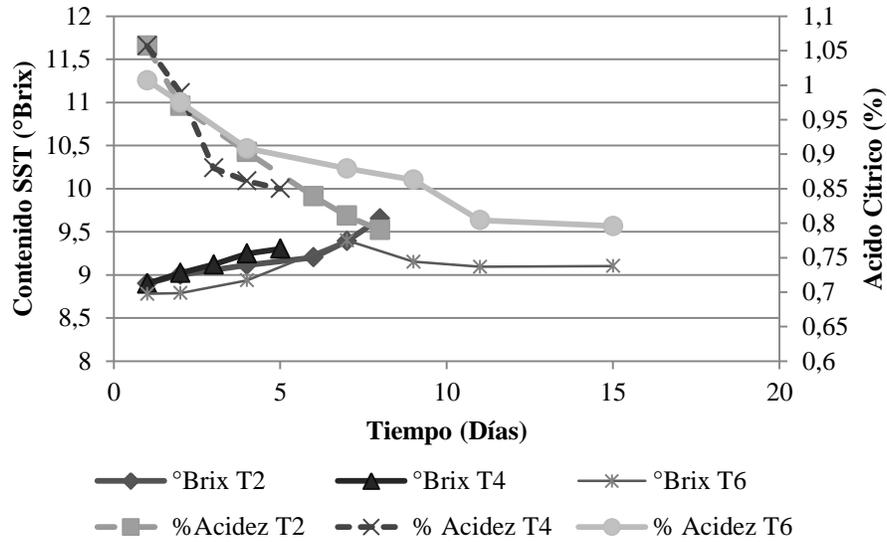
7.2.1 Determinación del índice de madurez.

Para determinar el índice de madurez, es necesario conocer la correlación entre los sólidos solubles totales SST y el porcentaje de acidez en cada uno de los tratamientos el cual se indica en la figura 7, además en la figura 8 se evidencia que el índice de madurez máximo de todos los tratamientos realizados están en un rango de 11 a 12,

Los resultados coinciden con lo reportado por autores como Núñez *et al.* (2012) y Hernández-Muñoz, Almenar, Del Valle, Velez y Gavara (2008), quienes encontraron un aumento de los SST en fresas almacenadas. Los SST de las fresas aumentan, ya que estas no acumulan almidón durante su desarrollo y su sabor dulce es debido al rompimiento de la sacarosa, la cual se acumula durante la primera parte de la vida de la fruta. Es por eso que debe cosecharse madura o muy cercana a su madurez completa, para que su sabor sea aceptable por el consumidor.



a).



b).

Figura 7. Variación de los sólidos solubles totales Vs. el porcentaje de ácido cítrico T1. a) Envase de terftalato de polietileno PET termoformado b) Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

En la figura 8 se muestra el comportamiento cinético y la variación del índice de madurez de la fresa, además en la tabla 11 se indica el análisis ANOVA para el índice de madurez en el primer y último día de cada tratamiento.

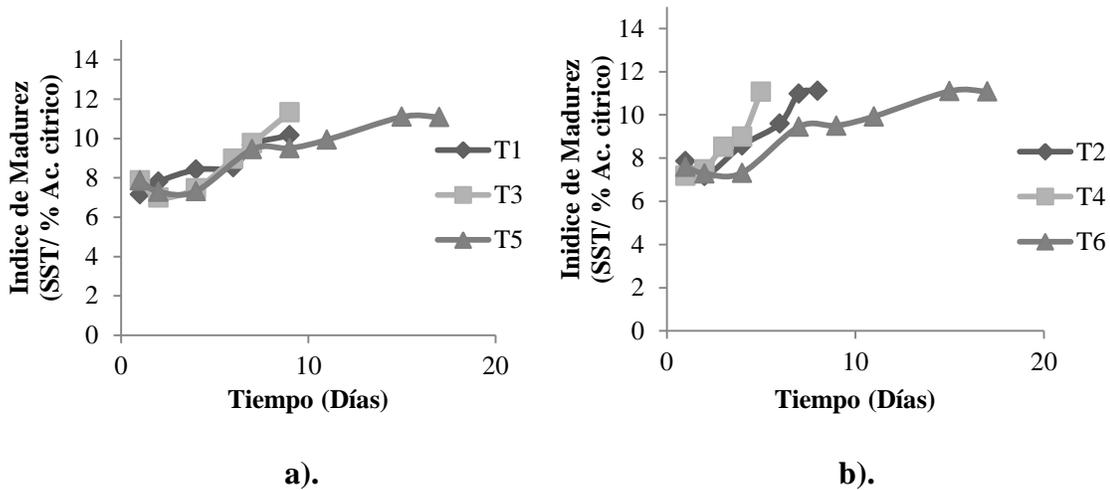


Figura 8. Comportamiento cinético y variación del índice de madurez. a) Envase de terftalato de polietileno PET termoformado y b) Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

En la figura 8 se puede observar que el tratamiento T4 aumentó más rápidamente su índice de madurez, esto también se puede visualizar en la tabla 13, en la cual T4 alcanzó una constante cinética deterioro del índice de madurez de $1,1505 \pm 0,1219$; este aumento puede deberse a que el envase Poliestireno expandido recubierto con vinipel, generó mayor transpiración al fruto a temperatura ambiente, por lo tanto al aumentar su transpiración se acelera la degradación de carbohidratos complejos como celulosa, pectinas y hemicelulosa, a monosacáridos como glucosa y fructosa (Tharanathan, Yashoda y Prabha, 2006), lo que ayuda a acentuar el dulzor de los frutos y a disminuir su acidez rápidamente; además los niveles de auxinas presentes en el fruto después de cosechado y de permanecer a temperatura ambiente, generalmente disminuyen, pero la transpiración y temperaturas mayores a 15°C son los factores que más afecta su comportamiento, ya que estas hormonas se mueven a través del fruto por medio de la zona oscura de la planta, por

lo tanto si no existen buenas condiciones de humedad y temperatura se desestabilizan las auxinas y se pone en marcha el proceso de degradación de éstas (Crocker, 2011), fenómeno que inicia con la acumulación de antocianinas y la expresión específica de genes de maduración (Vera, Ríos, Sainz y Tapia, 2013). Los resultados concuerdan con lo reportado por De la Haba *et al.* (2012), en donde se determina que la fresa pierde su calidad y por lo tanto su vida útil cuando los SST y la acidez expresada en % de ácido cítrico son de 11,5 y 0,93 respectivamente; realizando el cálculo del índice de madurez se obtiene que el valor máximo de 11,82.

Tabla 11.

Análisis de varianza LSD Fisher característica índice de madurez

Índice de Madurez(SST/%ATT)		
Tratamiento	Inicio	Final
T1	7,641 ^a ± 0,8556	10,4452 ^b ± 1,3639
T2	7,641 ^a ± 0,8556	11,6815 ^c ± 1,2988
T3	7,641 ^a ± 0,8556	10,9925 ^{bc} ± 1,3023
T4	7,641 ^a ± 0,8556	9,173 ^b ± 1,4695
T5	7,641 ^a ± 0,8556	10,8727 ^b ± 1,2075
T6	7,641 ^a ± 0,8556	11,7545 ^c ± 1,3112

* T1= 30°C en PET, T2= 30°C en envase de poliestireno expandido, T3= 18°C en PE,T T4= 18°C en envase de poliestireno expandido, T5= 4°C en PET, T6= 4°C en envase de poliestireno expandido,

**Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Las letras no comunes indican diferencias significativas entre los promedios, según la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

Generalmente los frutos no climatéricos como la fresa, los SST tienden a tener un leve crecimiento y los ácidos disminuyen sin que se el IM cambie drásticamente, sin embargo en la tabla 12 se muestra que el índice de madurez entre el primer y último día presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en todos los tratamientos; esto se debe a que la disminución del porcentaje de ácido cítrico fue considerable; la acidez se relaciona directamente

con el proceso de senescencia de la fresa, donde los ácidos orgánicos son convertidos en sustratos respiratorios o en azúcares permaneciendo como una reserva energética, estos disminuyen drásticamente en el periodo de máxima actividad metabólica (Morales, Hernández, Cabezas, Barrera y Martínez, 2001). Esto se puede evidenciar en estudios de frutos no climatéricos como en el caso de la piña y arándanos en condiciones de almacenamiento (Morales *et al.*, 2001) & (Godoy, 2004). Por otra parte el contenido de sólidos solubles no aumentó considerablemente, este crecimiento se da por la degradación de los productos de la fotosíntesis o de pectinas y hemicelulosas en frutos no climatéricos (Melgarejo, Hernández y Barrera, 2010), Lo anterior concuerda con el estudio de conservación de dos variedades de arándano en donde el contenido de SST depende de la variedad y su aumento se produjo por la concentración de azúcares debido al marchitamiento ocasionado por la pérdida de peso (Godoy, 2004).

Posteriormente se realizaron las gráficas de cinética de deterioro en cada uno de los tratamientos; en la figura 9 se muestra la variación del índice de madurez (IM) en función del tiempo (días) para el tratamiento T1 según las reacciones de orden cero y uno respectivamente, además de sus tres repeticiones, las cuales posteriormente se utilizaron para realizar el análisis ANOVA, el procedimiento se realizó para cada uno de los tratamientos.

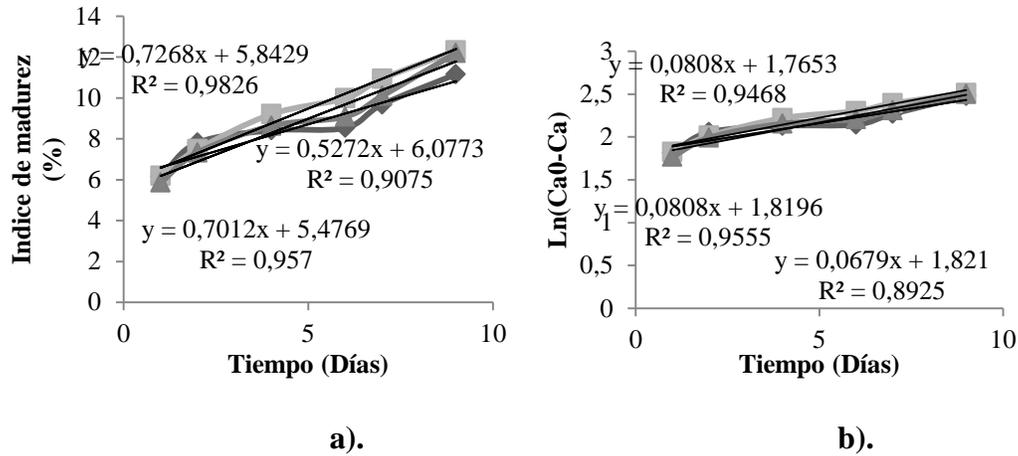


Figura 9. Variación del índice de Madurez en el tratamiento T1. a) Reacción de orden cero

b) Reacción de orden uno

Fuente: Esta investigación

Tabla 12.

Coefficientes de determinación (R^2) para el Índice de madurez.

Coeficiente de determinación (R^2) para las reacciones de orden cero y uno para Índice de madurez		
Tratamiento	Orden 0*	Orden 1*
T1	0,9156 ± 0,0366	0,9135 ± 0,0363
T2	0,9429 ± 0,0541	0,9404 ± 0,088
T3	0,9665 ± 0,0062	0,9336 ± 0,0209
T4	0,9393 ± 0,0176	0,9373 ± 0,0249
T5	0,9421 ± 0,0291	0,9338 ± 0,0199
T6	0,8812 ± 0,0190	0,8762 ± 0,0244

*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar.

Fuente: Esta Investigación

En la tabla 12 se muestran los coeficientes de determinación (R^2) para las reacciones de orden cero y uno en cuanto al parámetro fisicoquímico: índice de madurez (IM).

Como se puede observar, en la tabla 12 la cinética de deterioro para el índice de madurez de la fresa sigue un modelo de reacción de orden cero, el cual alcanzó los coeficientes de determinación más altos. Este resultado es similar al reportado por Fischer & Martínez (1999) en uchuva, ya que presenta una relación lineal de orden cero para frutos en los cuales la relación de azúcar/acidez sirve como índice de madurez para la industria del procesamiento, también se evidencia en estudios hechos en frutos no climatéricos (Gallo, 2001), en donde se determinó cinéticas de orden cero para diferentes frutos como la piña.

Al conocer el orden de reacción se obtienen las cinéticas de deterioro en cada uno de los tratamientos, las cuales se indican en la tabla 13. Como se puede observar el ANOVA para las constantes del índice de madurez de las fresas, presenta diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) por el efecto de la temperatura, mostrándose una menor cinética de deterioro en los tratamientos T5 y T6 es decir a 4°C, en los cuales la característica de índice de madurez se mantuvo disminuida durante el tiempo; esto se debe a que la temperatura es el factor más importante en el contenido de sólidos solubles totales y acidez de la fresa (Tárin, 2015).

En cuanto a los tratamientos T1 y T3, estos no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que se debe a que el envase PET es de muy baja permeabilidad como se indica en la tabla 6, este envase produce una atmosfera de alta humedad relativa evitando la pérdida de peso y mantiene los SST como se evidencia en la figura 9. Esto último coincide con García & Praderas (2010) citando a Chéour *et al.* (1991), quienes explican que una condición de almacenamiento con alta humedad relativa, mantiene un microclima alrededor del fruto que evita los déficit de presión de vapor, reduce la merma de peso y los cambios en superficie textural de los frutos, que de no existir incrementa el curso normal de los eventos de la respiración y transpiración en estos tejidos vivos.

Tabla 13.**Características cinéticas índice de madurez**

Tratamiento*	Constante cinética de índice de madurez	R ²	Orden de reacción	Bondad de Ajuste	
	K(1/día)**			RMSE	E%
T1	0,6741 ± 0,0702 ^{bc}	0,9156	Orden 0	0,306	8,018
T2	0,7849 ± 0,0574 ^c	0,9429		0,258	4,015
T3	0,5744 ± 0,0731 ^b	0,9665		0,163	6,829
T4	1,1505 ± 0,1219 ^d	0,9393		0,327	6,553
T5	0,3209 ± 0,0438 ^a	0,9421		0,792	5,759
T6	0,3177 ± 0,0431 ^a	0,8812		0,569	9,462

* T1= 30°C en PET, T2= 30°C en envase de poliestireno expandido, T3= 18°C en PE, T4= 18°C en envase de poliestireno expandido, T5= 4°C en PET, T6= 4°C en envase de poliestireno expandido,

**Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Las letras no comunes indican diferencias significativas entre los promedios, según la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

Como se puede observar en la tabla 13, el ANOVA para las constantes del índice de madurez de las fresas para los tratamientos T5 y T6, no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo tanto en cuanto el envase PET y poliestireno expandido con una capa de vinipel tienen características similares y conservan de igual manera el parámetro de índice de madurez a temperaturas bajas.

La metodología empleada para determinar la cinética de deterioro según el comportamiento de las demás propiedades fisicoquímicas, se realizó de igual manera como el índice de madurez, por lo tanto, los resultados se indican en el anexo 5 y 6 en donde se muestran los coeficientes de determinación para las cinéticas de orden cero y uno, además de las tablas de Análisis del varianza LSD Fisher para cada una de las características fisicoquímicas evaluadas.

7.2.2 Pérdida de peso (%).

Como se puede observar, en la tabla 14 la cinética de deterioro para el porcentaje de peso en la fresa se modeliza como una reacción química mediante una cinética de orden cero, el cual alcanzó los coeficientes de determinación más altos. Este resultado es similar al reportado por Ordoñez & Fajardo (2015) en donde el porcentaje de peso sigue un modelo de reacción de orden cero para fresa almacenada en refrigeradores bioactivos y no frost.

En cuanto a las cinéticas de deterioro se puede evidenciar que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), en donde los tratamientos con envase PET se caracterizaron en obtener las constantes más bajas, esto se puede deber a que las fresas disminuyen la pérdida de peso con distintos materiales poliméricos siendo los de alta barrera al agua los más eficientes controlando esta variable (Almenar, 2005), además la pérdida de peso se debe a la transpiración y evaporación, procesos propios de la senescencia de la fresa. Esto concuerda con lo reportado por Cruz, Jacxsens, Ciro y Devere, 2008 quienes presentaron una pérdida de peso mayor en envases macroperforados que en envases cerrados.

Tabla 14.

Características cinéticas para la pérdida de peso (%).

Tratamiento*	Constante cinética de Pérdida de peso	R ²	Orden de reacción	Bondad de Ajuste	
	K(1/día)**			RMSE	E%
T1	0,6331 ± 0,0550 ^{bc}	0,9787	Orden 0	0,071	11,101
T2	0,7061 ± 0,0429 ^c	0,9514		0,250	6,821
T3	0,5202 ± 0,0902 ^b	0,9302		0,894	9,134
T4	0,9103 ± 0,1186 ^d	0,9336		0,147	12,835
T5	0,353 ± 0,03031 ^a	0,9553		0,347	13,870
T6	0,4710 ± 0,0613 ^{ab}	0,9469		0,012	9,521

* T1= 30°C en PET, T2= 30°C en envase de poliestireno expandido, T3= 18°C en PE,T T4= 18°C en envase de poliestireno expandido, T5= 4°C en PET, T6= 4°C en envase de poliestireno expandido,

**Valores promedio (n=3) \pm desviación estándar; Las letras no comunes indican diferencias significativas entre los promedios, según la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación.

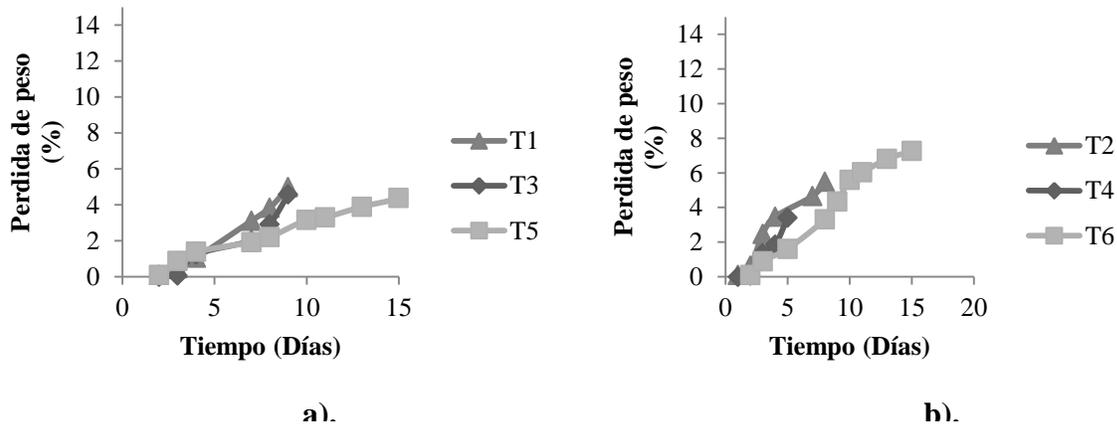


Figura 10. Comportamiento cinético y variación de la pérdida de peso para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

En la figura 10 se evidencia que en general todos los tratamientos presentan una pérdida de peso conforme pasa el tiempo de almacenamiento, la cual representa una merma de agua (humedad) (Lourdes & González, 2009) y ocurre cuando la presión de vapor de agua del medio externo es menor que la del fruto internamente y trae como consecuencia una disminución de peso a lo largo del tiempo (Ayola & Hernández, 2011) siendo mayor en los tratamientos con temperaturas elevadas (T1, T2, T3, T4), además, a temperaturas altas, provoca el aumento de velocidad de respiración y transpiración en las fresas (Lourdes & González, 2009), pero en los tratamientos a temperaturas de refrigeración (T5, T6) se observó una menor pérdida, por lo cual se puede deducir que a temperaturas bajas ejerce un control sobre la tasa de respiración y por ende sobre la evolución de la pérdida de peso (García, 2008).

En concreto, la pérdida de agua es el resultado del gradiente de vapor producido entre una atmósfera interna saturada con los espacios intermoleculares del fruto y la atmósfera externa. Las mayores migraciones de vapor de agua se producen a nivel de la superficie del fruto y de daños existentes en éste. En este proceso de desorción influyen tanto factores internos como externos. Dentro de los internos se incluye: anatomía y morfología del fruto, relación superficie-volumen, daños en superficie, grado de madurez. Dentro de los factores externos encontramos la temperatura, la humedad relativa, envase, el movimiento del aire y la presión atmosférica (Borja, 2010).

7.2.3 Determinación de pH.

La cinética de deterioro para la variable de calidad de pH en fresa, sigue un modelo de reacción de orden uno, ya que alcanzaron los coeficientes de determinación más altos en comparación con el modelo de orden cero. Al conseguir estos datos, se logra obtener las constantes cinéticas, las cuales se indican en la tabla 15.

En cuanto a los tratamientos T1 y T3 no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$), esto concuerda con Vera *et al.* (2016), quienes indicaron que posiblemente el uso de envases ralentiza la frecuencia respiratoria de las fresas y por lo tanto retrasan los procesos fisiológicos como el uso de los ácidos orgánicos en las reacciones enzimáticas.

Tabla 15.

Características cinéticas para el Potencial de Hidrogeno pH.

Tratamiento*	Constante cinética de pH	R ²	Orden de reacción	Bondad de Ajuste	
	K(1/día)**			RMSE	E%
T1	0,0348 ± 0,0041 ^{bc}	0,9321	Orden 1	0,128	3,214
T2	0,0465 ± 0,0061 ^c	0,9737		0,118	2,152
T3	0,0380 ± 0,0036 ^b	0,9631		0,116	2,741
T4	0,0670 ± 0,0081 ^d	0,9866		0,339	4,743
T5	0,0200 ± 0,0011 ^a	0,9742		0,115	2,716
T6	0,0228 ± 0,0012 ^a	0,9858		0,1	1,48

* T1= 30°C en PET, T2= 30°C en envase de poliestireno expandido, T3= 18°C en PE,T T4= 18°C en envase de poliestireno expandido, T5= 4°C en PET, T6= 4°C en envase de poliestireno expandido,

**Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Las letras no comunes indican diferencias significativas entre los promedios, según la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación.

En la tabla 15 se evidencia que los tratamientos en general tienen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) excepto para los tratamientos T5 y T6 los cuales presentan constantes cinéticas más bajas a una temperatura de 4°C en envase PET y poliestireno expandido recubierto con vinipel, respectivamente; lo que prueba que a temperaturas de refrigeración los procesos propios de senescencia se ven retardados y alargan la vida útil de las fresas como se puede evidenciar en la figura 11. El tratamiento T5 logra mantener un pH relativamente bajo sin la presencia de hongos hasta el día 17, comprobándose de esta manera que las fresas se conservan mejor a una temperatura de 4°C y en el envase PET; mientras que en el tratamiento T6 se evidenció una leve presencia de hongos en el día 15. El pH se ve influenciado por la presencia de hongos, por las actividades metabólicas propias de las fresas y su proceso de senescencia (Medina, 2006).

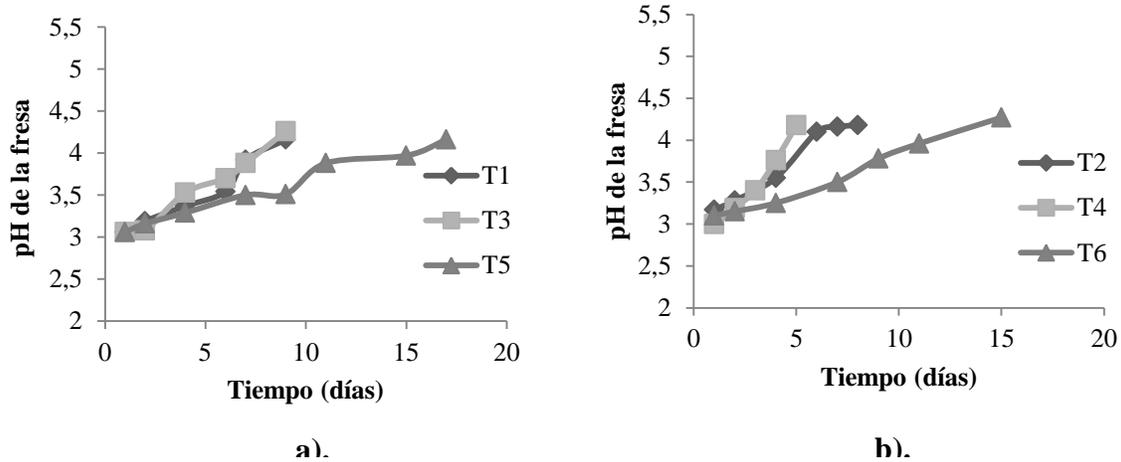


Figura 11. Comportamiento cinético y variación del pH para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

La pérdida de calidad que se presenta en los tratamientos T2 y T4 se debe a que los iones H^+ hacen parte de la formación de sustratos como la sacarosa y glucosa, por lo tanto hacen que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante el almacenamiento por lo que el pH se ve ligeramente aumentado (Álvarez, Galvis y Balaguera, 2009). El comportamiento que presentaron los frutos respecto al aumento de pH coincide con la investigación de Núñez *et al.* (2012) en la cual, el pH de la fresa en relación al tiempo de almacenamiento aumentó progresivamente con la disminución de la acidez, esto se debe a la utilización de los ácidos orgánicos como fuente energética; además este comportamiento se evidencia en otros frutos no climatéricos como la mora, en donde este parámetro en función del tiempo de almacenamiento presenta un aumento estadísticamente significativo, ya que generalmente en frutos no climatéricos durante la senescencia algunos fragmentos de pectina se liberan desde la pared celular y se unen a los polifenoles, lo cual incrementa los valores de pH (Ramírez, 2012). También pueden contrastarse los resultados de Millán & Ciro, (2012), quienes determinaron que el pH del banano aumentó

debido a que los ácidos orgánicos de las frutas disminuyen según avanza el grado de madurez y su intensidad respiratoria.

7.2.4 Determinación de la firmeza

En la tabla 16 se presenta los coeficientes de determinación, cuyos valores indican que la firmeza sigue una cinética de orden uno; esto concuerda con lo reportado por Vallejo & Velasco (2015) en vida útil de arveja, García *et al.* (2011) en pruebas aceleradas en pasta de tomate, Lana, Tijsskens y Van Kooten (2005) en tomates frescos cortados durante el almacenamiento y Restrepo *et al.* (2010) específicamente en fresa.

La tabla 16 indica la comparación entre medias según LSD de Fisher; se observa que existe una correlación entre los tratamientos, exceptuando T5 y T6, los cuales presentan una K menor; entre estos tratamientos existen diferencias significativas ($p < 0,05$); esto puede deberse a las ventajas del envase PET utilizado en el tratamiento T5. La pérdida de textura es el cambio más notable que ocurre en frutas y vegetales durante su almacenamiento, la cual está relacionada con los cambios metabólicos y con la pérdida de humedad (Patarroyo & Cárdenas, 2014). La temperatura es el factor que regula los procesos metabólicos y la pérdida de humedad se ve disminuida por la cristalinidad de los envases, esto crea una barrera semipermeable a gases como O_2 , CO_2 y vapor de agua; por lo tanto el envase PET al presentar una cristalinidad más alta genera una atmosfera modificada en el interior, reduciendo la velocidad de transpiración y retrasando el proceso de senescencia, haciendo que se retrase el deterioro de la fruta causado por la deshidratación, además mejora las propiedades mecánicas, ayuda a mantener la integridad estructural del alimento y a retener compuestos volátiles (Vásquez & Guerrero, 2013).

Tabla 16.**Características cinéticas para firmeza.**

Tratamiento*	Constante cinética de Firmeza	R ²	Orden de reacción	Bondad de Ajuste	
	K(1/día)**			RMSE	E%
T1	0,1513 ± 0,0080 ^c	0,8508	Orden 1	0,162	11,147
T2	0,2052 ± 0,0166 ^d	0,8908		0,259	12,335
T3	0,1220 ± 0,0205 ^c	0,9435		0,626	5,996
T4	0,1908 ± 0,030 ^d	0,8948		0,243	12,332
T5	0,0519 ± 0,0082 ^a	0,9433		0,384	10,252
T6	0,0967 ± 0,0064 ^b	0,9751		0,086	5,671

* T1= 30°C en PET, T2= 30°C en envase de poliestireno expandido, T3= 18°C en PE,T T4= 18°C en envase de poliestireno expandido, T5= 4°C en PET, T6= 4°C en envase de poliestireno expandido,

**Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Las letras no comunes indican diferencias significativas entre los promedios, según la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación.

En la figura 12 se indica la firmeza en los diferentes tratamientos, en ella se puede observar un decrecimiento, la cual puede estar asociada a la hidrólisis de la hemicelulosa y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos en donde el aumento de SST y disminución de acidez dadas en este estudio generan modificaciones en las paredes celulares lo que tiende a aumentar los azúcares sencillos y a ablandar los tejidos del fruto con valores más bajos de firmeza. En frutos no climatéricos como la fresa se puede presentar disminución de la firmeza por la pérdida de presión de turgencia, pérdida de aire extracelular y vascular, la degradación de la pared celular, la consecuente pérdida de agua por rompimiento de las células y la propia senescencia del fruto (Ramírez, 2012). Las frutas se tornan blandas y más susceptibles de ser dañadas durante el manejo poscosecha (FAO, 2007).

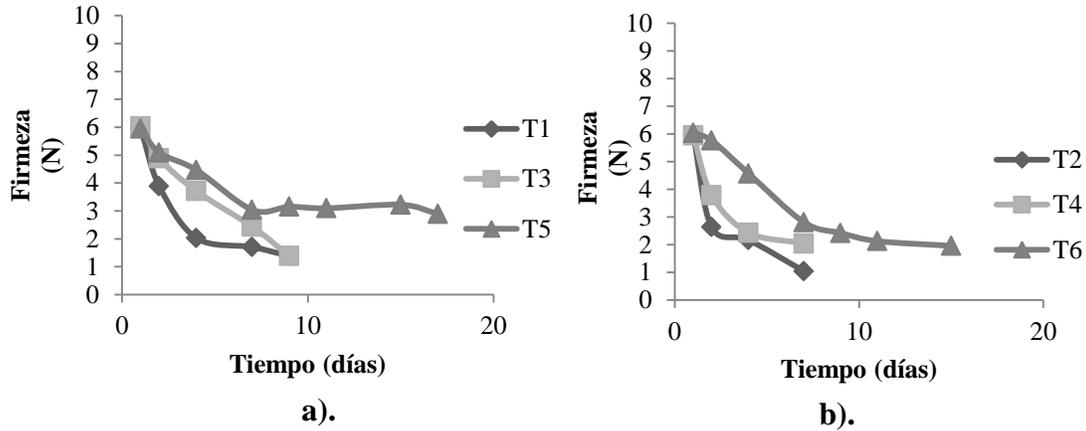


Figura 12. Comportamiento cinético y variación de la firmeza para envase de terftalato de polietileno PET termoforado y Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

Generalmente en los frutos a medida que avanza el tiempo se obtiene una reducción de la firmeza como se puede observar en esta investigación. Estos resultados coinciden con Núñez et al. (2012) quien observó la pérdida de firmeza durante diez días de almacenamiento en casi todos los tratamientos para la conservación de la fresa, de igual manera, esto se comprueba con los estudios de frutos no climatéricos realizados por Márquez, Otero y Cortés (2007) y Ramírez (2012), quienes también observaron una pérdida de firmeza en el tomate y mora, respectivamente.

7.2.5 Determinación del parámetro de color a^*

La figura 13 indica el comportamiento del parámetro de color a^* la cual aumenta drásticamente en todos los tratamientos, ya que este refleja el cambio de coloración de verde a roja característica de la fresa la cual va aumentando durante su proceso de senescencia, en donde las antocianinas se siguen sintetizando a través del tiempo y son los pigmentos responsables de la coloración roja (Alcántara, 2009); además este aumento se le atribuye al pardeamiento enzimático debido a las alteraciones producidas por las enzimas polifenoloxidasas localizada en el

tejido parenquima del cortex y la enzima peroxidasa ubicadas en los haces vasculares del xilema (Restrepo, Cortés y Rojano, 2009). El parámetro a^* alcanzó valores entre 25 y 30, lo cual concuerda con lo reportado por Martínez *et al.* (2013) & Alcántara (2009), quienes encontraron valores aproximados a 25 en este parámetro para la variedad Albión y valores entre 25 y 30 en fresa variedad Camarosa con un aumento del mismo en el almacenamiento.

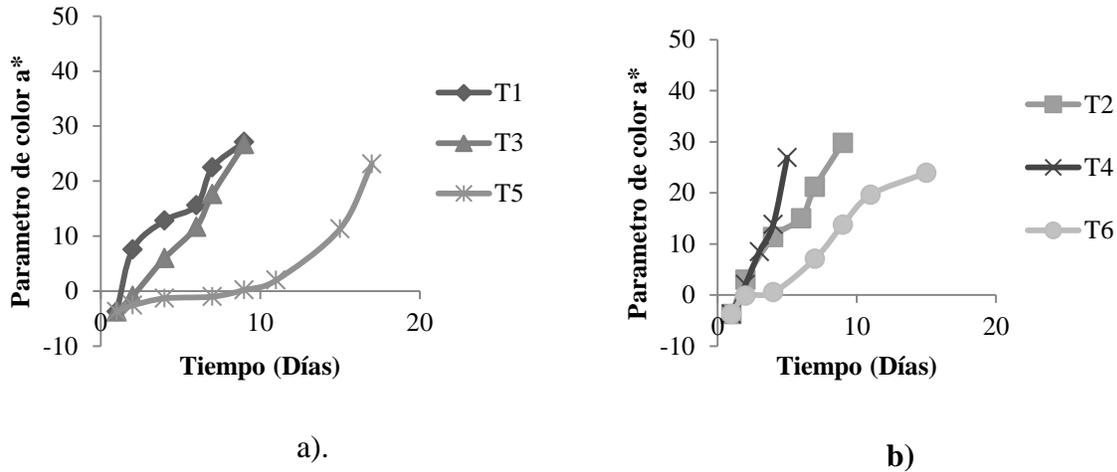


Figura 13. Comportamiento cinético y variación del Índice de Color parámetro a^* . a). para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y b). Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

En cuanto a la caracterización cinética de degradación para el parámetro de color a^* no se realizó ya que los datos encontrados varían de negativos a positivos, al realizar las gráficas para la determinación de orden de reacción no se logran graficar el orden uno de reacción para este parámetro, ya que no existen logaritmos naturales de números negativos en el campo de los números reales.

7.2.6 Determinación del parámetro color b*

El cambio de color a través del tiempo en cada uno de los tratamientos, se indica en el anexo 6; en la tabla 17 se observan los coeficientes de determinación para el parámetro de color b* de la fresa, cuya variable sigue un modelo de reacción de orden uno obteniendo los coeficientes más altos en comparación con el modelo de orden cero. Este resultado concuerda con lo reportado por Mercado *et al.* (2016) en pulpa de fresa congelada, Manayay & Ibarz (2010) y Mendoza & Herrera (2012), quienes determinaron que el cambio de color presentó un alto ajuste al modelo de primer orden en papa, y Salamanca & Abril (2008) en cremogenado de mango en el parámetro b*.

La figura 14 indica el comportamiento del parámetro de color b* característica que disminuye en todos los tratamientos, este cambio de color se debe a la pérdida de humedad durante el almacenamiento debido a la transpiración (Aristizábal & Restrepo, 2010) y al incremento de los pigmentos vegetales (flavonoides) conocidos como antocianinas responsables de la coloración roja, la intensidad del color depende de la concentración de estos compuestos. En los frutos inmaduros, de coloraciones rojas tenues, se tiene un menor contenido de antocianinas que en los frutos maduros (Salinas, Almaguer, Peña y Ríos, 2009).

La disminución del parámetro b* también se puede atribuir a principalmente a la disolución de pigmentos amarillos presentes en la epidermis (Restrepo *et al.*, 2009) y a reacciones de pardeamiento enzimático, lo último se puede observar en la imagen 16, donde se nota un enrojecimiento opacando el color de las fresas el cual probablemente se debe a un aumento de la actividad respiratoria y enzimática durante el proceso de senescencia que ocasiona la pérdida de calidad por pardeamiento (Restrepo & Aristizabal 2010).

Lo anterior coincide con estudios como los realizados por Sanz *et al.* (1999) para fresas frescas almacenadas en refrigeración, Restrepo & Aristizabal (2010) en fresas con recubrimientos

comestibles y almacenadas en refrigeración y Restrepo *et al.* (2009) en fresas fortificadas con vitamina E, en los cuales se evidencia un decrecimiento del parámetro b^* durante el almacenamiento.



*Im
age
n*

16. Tratamiento T2 (30°C en envase de poliestireno expandido) en el día 1 y día 7.

Fuente: Esta investigación

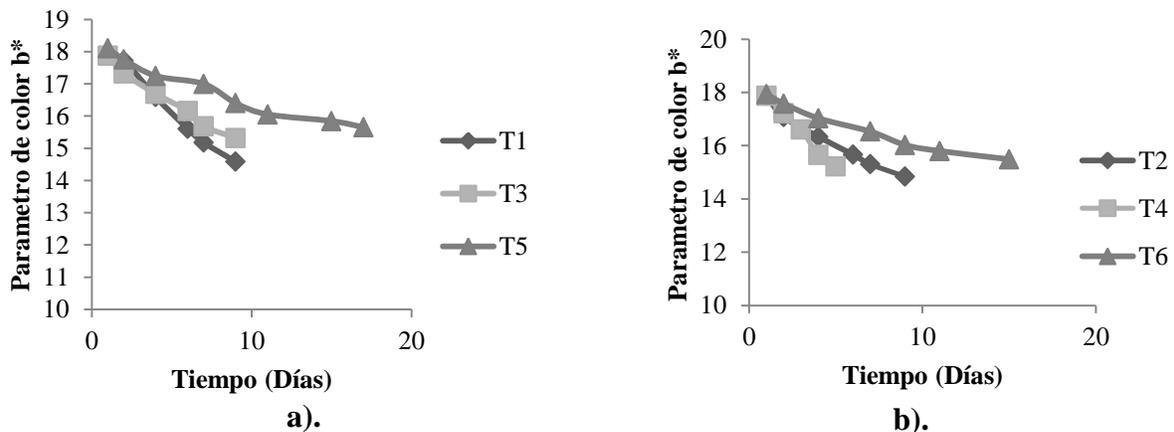


Figura 14. Comportamiento cinético y variación del Índice de Color parámetro b^* . a). para envase de terftalato de polietileno PET termoformado y b). Poliestireno expandido recubierto con una capa de vinipel.

Fuente: Esta investigación

En cuanto a la cinética de deterioro en general, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), exceptuando T4, es decir que tuvieron una cinética de degradación similar en cuanto al color, esto puede deberse a que este parámetro no se vio directamente afectado por el material del envase, sino directamente por la temperatura y el tiempo de

almacenamiento, esto también lo reporta Restrepo *et al.* (2010) en pulpa de fresa pasteurizada cuyos envases generaron una barrera para la degradación, pero los días de conservación en diferentes envases fueron los mismos.

Tabla 17.

Características cinéticas para el parámetro de color b*

Tratamiento*	Constante cinética de Parámetro b* (Color)	R ²	Orden de reacción	Bondad de Ajuste	
	K(1/día)**			RMSE	E%
T1	0,0248 ± 0,0033 ^{ab}	0,9391	Orden 1	0,4940	4,2435
T2	0,0271 ± 0,0047 ^{ab}	0,9478		0,4696	4,6362
T3	0,0192 ± 0,0018 ^a	0,9607		0,3787	1,1968
T4	0,0577 ± 0,0042 ^b	0,9480		0,7872	8,0819
T5	0,0106 ± 0,0015 ^a	0,9627		0,8833	2,4580
T6	0,0144 ± 0,0025 ^a	0,9535		0,5540	4,5140

* T1= 30°C en PET, T2= 30°C en envase de poliestireno expandido, T3= 18°C en PET, T4= 18°C en envase de poliestireno expandido, T5= 4°C en PET, T6= 4°C en envase de poliestireno expandido,

**Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Las letras no comunes indican diferencias significativas entre los promedios, según la prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación.

7.3 Realización de la cinética de vida útil por modelamiento de Arrhenius para la fresa cultivar Albión bajo las mejores condiciones de almacenamiento.

Después de realizar los análisis respectivos de las propiedades fisicoquímicas y degradación cinética de los mismos, se determinó que el mejor envase que puede utilizar la Asociación La Kumba es el envase de terftalato de polietileno PET, ya que a temperaturas superiores de 18 y 30°C si se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la mayoría de los parámetros evaluados, y las constantes cinéticas de deterioro fueron menores que en el envase de poliestireno expandido cubierto con una capa de vinipel; a diferencia de las temperaturas de refrigeración las

cuales no tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) para las características fisicoquímicas evaluadas.

Por lo tanto la determinación de vida útil por medio de Arrhenius se realizó para envase PET a partir de las cinéticas de las tres temperaturas utilizadas; los análisis funcionales, bromatológicos y microbiológicos se realizaron con el mejor tratamiento es decir T5 a 4°C en envase PET.

7.3.1 Determinación de la variable para la estimación de vida útil.

Para la estimación de la vida útil se realizó la bondad de ajuste en cada uno de los modelos de los parámetros seleccionados con los R^2 (coeficiente de determinación), mediante el cálculo de RMSE (raíz cuadrada del error medio cuadrático) y E% (error porcentual promedio) empleando las ecuaciones 9 y 10. Los resultados se indican en las tablas 13, 14, 15 y 16.

Diferentes autores citados por Brousse *et al.* (2014) mencionan que un buen ajuste es el indicado cuando se tiene un R^2 mayor al 0,85, $E\% < 10\%$ y valores $RMSE < 0,3$; indicando que los valores del pronóstico son muy aproximados a los valores reales y como lo indican Cerón *et al.* (2016) en su investigación. De acuerdo al análisis estadístico y al ajuste de datos experimentales, se muestra que la variable con mayor correlación es el pH con valores de R^2 mayores 0,85, E% y RMSE bajos y por lo tanto se utiliza para determinar la ecuación de Arrhenius.

7.3.2 Estimación del tiempo de vida útil de la fresa mediante el método de Arrhenius para la variable fisicoquímica pH.

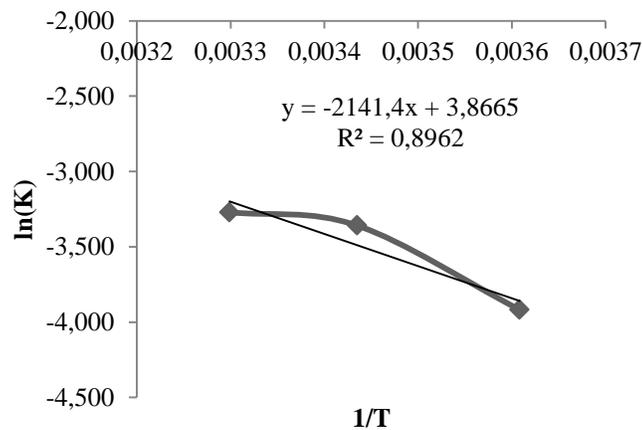
En la tabla 17 se indica los datos de las tres temperaturas evaluadas para la variable fisicoquímica pH en envase PET, además de la constante de cinética de deterioro para la cual es necesario obtener el logaritmo natural de los datos para linealizar la ecuación 4 (Arrhenius).

Tabla 18.**Datos para la Ecuación de Arrhenius**

T(°C)*	T (K)**	1/T	K***	ln(K)
30	303,15	0,0032	0,0380	-3,270
18	291,15	0,0034	0,0348	-3,358
4	277,15	0,0036	0,0199	-3,917

*Temperatura (°C); **Temperatura (K); ***Constantes cinéticas pH en PET

Fuente: Esta investigación

**Figura 15. Determinación de energía de activación de la Fresa cultivar Albión envase PET.**

Fuente: Esta investigación

A partir de la ecuación 4 (Arrhenius) se determinó que:

$$\ln(k) = \ln k_0 + \frac{Ea}{RT}$$

$$y = -2141,4x + 3,8665$$

Por lo tanto,

$$Ea = \pm 32,14 \text{ kJulios/mol}$$

La energía de activación se calculó a partir de la pendiente de la figura 15, (gráfico de Arrhenius), determinándose un valor de $\pm 32,14$ kJ/mol. El valor se encuentra dentro del rango para frutas reportado por diversos autores como (Ruiz, Sánchez, Hernández, Auleda y Raventós,

2010) quienes hallaron valores de energía de activación para melocotón, manzana y pera de 34,35, 29,97 y 37,29 kJ/mol respectivamente; el autor Alvarado (1993) reporta que la energía de activación para frutas no climatéricas como la uva, piña, limón, lima, mandarina y naranja es de 20.6, 22.2, 18.1, 16.5, 21.3 y 19,7 kJ/g.mol respectivamente.

Estos valores representan la energía promedio que las moléculas deben adquirir para poder participar en una reacción.

A partir de las ecuaciones de orden uno determinadas en la cinética de deterioro para el envase de tereftalato de polietileno PET, se determinó el pH calculado.

$$\ln pH_{4^{\circ}C} = 0,0200x + 1,1031$$

$$\ln pH_{18^{\circ}C} = 0,0348x + 1,0992$$

$$\ln pH_{30^{\circ}C} = 0,0380x + 1,085$$

Sabiendo que a pH mayores de 4,01 la fresa cultivar Albión deja de ser aceptable como lo indica Martínez *et al.* (2013), teniendo un pH ideal entre 3,4 a 4,01; por lo tanto se escogió un pH de 4 para determinar el valor máximo de vida útil.

$$\ln pH_{18^{\circ}C} = 0,0348x + 1,0992$$

$$\ln 4 = 0,0348x + 1,0992$$

$$1,38 = 0,0348x + 1,0992$$

$$x = 8,069 \text{ Dias}$$

En la siguiente tabla se indica el tiempo de vida útil teórica en días para el envase PET

Tabla 19.*Tiempo de vida útil estimada y experimental a cada temperatura de incubación.*

Temperatura °C	Vida útil Estimada (Días)	Vida útil Experimental (Días)
4	15,281	17
18	8,069	9
30	7,7631	7

Fuente: Esta investigación

Como se puede ver en la tabla 19 los valores de vida útil experimental y estimada son muy próximos, confirmándose que la cinética de deterioro de la fresa en función del pH sigue una reacción de orden 1. Además es posible notar que a temperaturas de 18°C y 30°C el pH aumenta rápidamente, por lo tanto al someter a las fresas en envase PET a temperaturas elevadas, éstas se degradan más rápidamente.

A partir de la ecuación de Arrhenius se determina las cinéticas de deterioro como lo indica García *et al.* (2011).

$$\ln(k) = K_0 + \frac{Ea}{RT}$$

$$\ln(k) = 3,8665 - \frac{2141,4}{T}$$

$$\ln(k)_{25^\circ C} = 3,8665 - \frac{2141,4}{298,15}$$

$$\ln(k)_{25^\circ C} = 3,8665 - 7,1823$$

$$(k)_{25^\circ C} = e^{-3,3558}$$

$$(k)_{25^\circ C} = 0,0363$$

Para obtener la ecuación de vida útil, es necesario conocer las cinéticas de deterioro (k) para diferentes temperaturas como se muestra a continuación:

Tabla 20.**Constantes cinéticas de deterioro y vida útil a diferentes temperaturas**

Temperatura °C	Cinética de deterioro (K)	Vida Útil estimada (Días)
5	0,0216	12,784
10	0,0248	11,315
15	0,0283	9,924
20	0,0322	8,742
25	0,0363	7,665
35	0,0460	6,144

Fuente: Esta investigación

7.3.3 Determinación fenoles totales

Para la determinación de los fenoles totales, se realizó una gráfica de calibración con ácido gálico en ppm, la cual se indica en el anexo 8. El contenido de fenoles se encuentra en un rango de 1191mg de ácido gálico/100g de extracto y 922,284mg de ácido gálico/100g de extracto, lo cual coincide con lo reportado por Méndez *et al.* (2017), Zapata (2014), Carvajal (2012) & Rufino *et al.* (2012) quienes realizaron una caracterización química de fresa encontrando valores entre 852-1375mg de ácido gálico/100g de muestra en cuanto a compuestos fenólicos en diferentes clases de fresa como Camarosa y Camino Real. No obstante, el valor es relativamente alto al reportado por Chordi (2013), esto se puede deber a que el reactivo ha demostrado interferir con otros compuestos de naturaleza reductora en particular ácido ascórbico, azúcares como fructosa y sacarosa, aminas aromáticas, dióxido de azufre, ácidos orgánicos entre otras como lo indica Chordi (2013) citando a Prior, Wu y Schaich (2005).

En esta investigación, se evidencia que los fenoles totales aumentaron relativamente durante el tiempo de medición de vida útil. Esto puede deberse al fenómeno de síntesis, el cual está asociado a la combinación de precursores derivados de las vías del shiquimato y del acetato

(Rufino *et al.*, 2012). Esta acumulación de fenoles en fresas, pudo ser promovida por la actividad de la enzima fenilalanina amonioliase, la cual aumenta su actividad debido al estrés del fruto por el proceso de deterioro, lo que podría haber causado la descomposición de la estructura celular, la senescencia y el consecuente incremento en el contenido de fenoles, esto concuerda como lo reportado por Crozier *et al.* (2000) quienes indican que el aumento de estos compuestos se puede deber al grado de estrés mecánico y biológico, la exposición a la luz y la disponibilidad de oxígeno.

Tabla 21.

Contenido de fenoles Totales

Contenido de Fenoles totales Tratamiento T5	
Día 2 mg de ácido gálico/100g de extracto	Día 17mg de ácido gálico/100g de extracto
922, 284^a ± 168, 098*	1191, 94^a ± 87,3598*

*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar.

Fuente: Esta investigación.

En la tabla 21 se muestran los valores del contenido de fenoles totales en ppm, los resultados fueron analizados a través del ANOVA, utilizando el método LSD Fisher, en donde no se presentaron diferencias significativas entre los días 2 y 17 (Figura 16). Este fenómeno se puede dar, ya que generalmente las frutas contienen polifenol oxidasas que catalizan las reacciones con fenoles en presencia de oxígeno molecular. Esto concuerda por lo reportado por Rufino *et al.* (2012) quienes observaron un aumento de fenoles totales en fresas después de los 15 días de almacenamiento a 5°C. Además que el fenómeno se presenta en varias frutas como lo reportado por Rodríguez (2016) quien apreció el aumento de fenoles durante la maduración de fresón y arándanos.

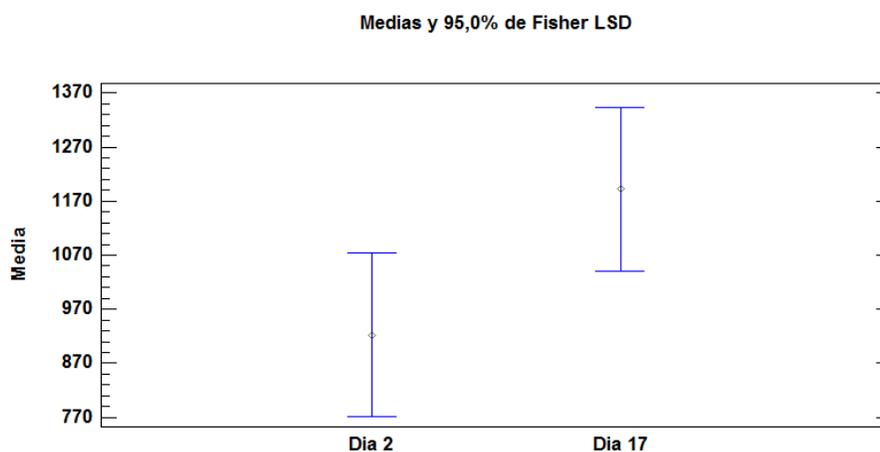


Figura 16. Comparación de medias para tratamiento T5 para el contenido de Fenoles totales según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación.

7.3.4 Determinación de antocianinas

Para la determinación de antocianinas se empleó el método de pH diferencial, para los días 2 y 17, cuyos resultados se evidencian el incremento de antocianinas a través del tiempo de vida útil, estos datos se muestran en la tabla 20. Autores como Vóca *et al.* (2008) han reportado valores para antocianinas de 55-145mg/100g de fresa los cuales son variables ya que el contenido de estas puede estar influenciado por los cultivares, debido a que estos difieren genótipicamente de uno a otro; por lo tanto en el cultivar Albión se han cuantificado el contenido de antocianinas aproximado de $55,62 \pm 9,61$ mg / 100g de fresa, lo cual concuerda con este estudio (Samec *et al.*, 2016).

Las antocianinas son responsables del color rojo brillante en frutos de fresa, se debe tener en cuenta que aunque existen diferentes tipos de antocianinas la pelargonina-3-glucósido, pelargonina-3-rutinósido y cianidina-3-glucósido representan más del 95% de la masa total de antocianinas presentes en la mayoría de frutos de fresa (González, 2012). Es importante tener en cuenta que la estabilidad de las antocianinas se afecta por diferentes factores y por lo tanto su

degradación; el aumento de antocianinas dado en el periodo de medición de este estudio puede deberse a diferentes factores como el pH, ya que éste influye en su estructura; de hecho, a pH de 5 a 6 se observan especies pseudobase tales como, carbinol y chalcona, incolora y amarilla respectivamente, las cuales son bastante inestables (Zapata, 2014). A pH superiores a 7 se produce una degradación rápida de las antocianinas por oxidación con el aire. Por lo tanto, ya que el almacenamiento de las fresas en el tratamiento obtuvo un pH máximo de 4,5 estas mantuvieron un pH ideal para la formación de compuestos como formas quinoidales estables. Esto concuerda con estudios realizados por Laleh, Frydoonfar, Heindari, Jameel y Zarer (2006); Bordignon, Francescato, Nienow, Calvete y Reginatto (2009) y Moldovan Chisbora, y Cimpoiu (2012), quienes realizaron estudios de cinética de degradación de antocianinas en frutillas y arándanos obteniendo la menor degradación con el pH más bajo.

Otro factor importante es la temperatura, en este estudio se realizaron las pruebas a temperatura de 4°C los días 2 y 17 y se observó que las antocianinas incrementaron, como se muestra en la tabla 20, según (Zapata, 2014) existen efectos positivos de la temperatura en las antocianinas en un rango de 0°C a 15°C, aumentando su contenido de compuestos antocianinos, además a temperaturas mayores se genera una degradación total, ya que los incrementos de temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura del anillo con la consecuente producción de chalconas responsables del pardeamiento. En estudios sobre fresas y frambuesas, se observó que en el almacenamiento durante 8 días incrementó la concentración de antocianinas; y en arándanos a temperaturas de 15°C también hubo un aumento considerable de compuestos Antocianinos (Garzón, 2008).

Tabla 22.**Contenido de antocianinas**

Contenido de antocianinas tratamiento T5	
Día 2 (mg de cianidina-3- glucósido/100 g de fresa)	Día 17 (mg de cianidina-3- glucósido/100 g de fresa)
27,936 ^a ± 4,5676	48,673 ^a ± 6,35044

*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar.

Fuente: Esta investigación.

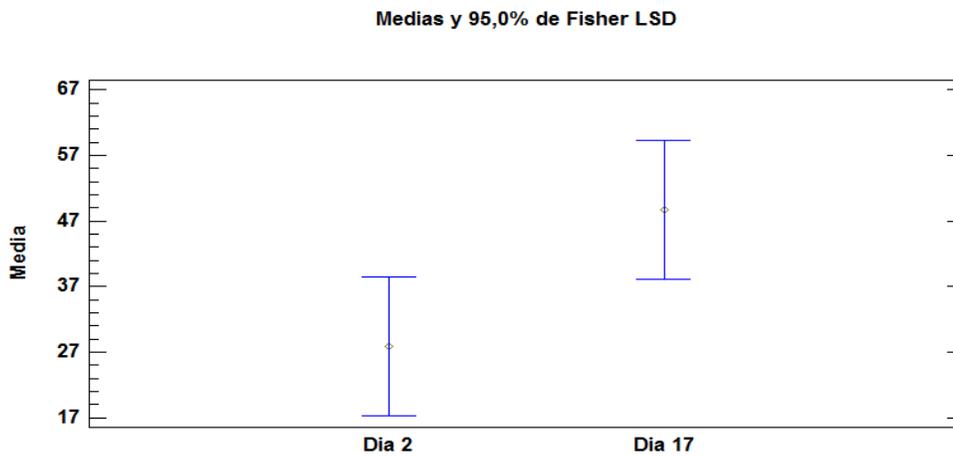


Figura 17. Comparación de medias para tratamiento T5 para el contenido de Antocianinas según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación.

En la figura 17 se muestra el análisis de varianza de LSD Fisher con un 95% de confianza. No se observan diferencias significativas entre los días 2 y 17 durante el tiempo de vida útil en el contenido de antocianinas, esto concuerda con lo reportado por Chordi (2013) quien a pesar que el contenido de antocianinas aumento, este no mostró diferencias estadísticamente significativas durante el almacenamiento.

7.3.5 Análisis bromatológicos

En el anexo 10 se muestra el reporte de resultados bromatológicos para la fresa cultivar Albión en envase de terftalato de polietileno PET para los días 1, 8 y 15 del tiempo de vida útil. Es posible evidenciar una leve disminución de la humedad y por lo tanto un aumento de los sólidos en general. Esto se debe a que el movimiento del agua en la fresa se realiza por la formación de puentes de hidrógeno y por la polaridad de la molécula de agua (Utzinger, Arias, Monge y Antillón, 1992), lo que genera fuerzas de cohesión- adhesión y aumento en la presión de vapor del agua; es decir que aunque la temperatura de almacenamiento fue de 4°C, la humedad relativa hace que haya transpiración y por ende un aumento en los sólidos de la fresa.

Por otra parte autores como Alcántara (2009) y Martínez *et al.* (2013) concuerdan con los resultados obtenidos en esta investigación, los cuales indican el contenido de nutrientes como proteína, cenizas y humedad oscilan entre $0,61 \pm 0,05$; $0,366 \pm 0,056$ y $92,49 \pm 0,09$, respectivamente.

Los resultados muestran que no hubo cambios relevantes entre los días analizados, es decir que a los 15 días del tiempo de vida útil, la parte nutricional de la fresa se encuentra dentro de los parámetros reportados por Martínez *et al.* (2013); y por lo tanto al no verse afectado es posible su consumo.

7.3.6 Análisis microbiológicos

En el anexo 11 se evidencia el estudio microbiológico de la fresa durante los días 1, 7 y 15 días del tiempo de vida útil, las muestras resultaron libres de microorganismos patógenos para la salud como la *Salmonella*. Para el caso de coliformes totales, fecales, hongos, levaduras y demás, las concentraciones fueron desde no detectables a bajas (<3000 UFC/g), estos resultados concuerdan con lo reportado por Mukherje, Speh, Jones, Buesing y Diez (2006), dichos autores mencionaron que en ninguno de los productos como frutillas, brócoli, melón, chile, calabacita y tomate no se

encontró Salmonella. En otro estudio realizado por Ávila, Sánchez, Muñoz y Martín (2008) se encontró una baja cantidad de hongos y levaduras para muestras de manzanas (<241 UFC/g) mientras que para el durazno, la concentración fue más elevada debido a la textura de la fruta. En este estudio, los resultados obtenidos establecen que las fresas tienen una vida en anaquel de 15 días, ya que para el último día de análisis se reportó una cantidad de 3000 ufc/g en cuanto a mohos y levaduras, valor que es el máximo permitido según los requisitos microbiológicos determinados por la resolución 3929 de 2013, la cual indica que el valor microbiológico máximo permisible en frutas y zumos de fruta sin tratamiento térmico, congelados o no, debe hallarse entre 1000 a 3000 ufc/g o ml, para que el producto conserve su calidad y aceptabilidad por el consumidor (Ministerio de Salud y Protección social, 2013).

8. CONCLUSIONES

Se determinó que los tratamientos T5 y T6 no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), siendo la temperatura la variable más relevante; a diferencia de los tratamientos T1, T2, T3, y T4 los cuales presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en donde el tipo de envase y la temperatura son determinantes.

Se concluye que a temperaturas altas de almacenamiento el envase que mejor mantiene las características de la fresa es el envase PET y a temperaturas de refrigeración el tipo de envase es irrelevante.

Se determinó que el índice de madurez y el porcentaje de pérdida de peso para la fresa bajo las condiciones de almacenamiento de estudio se puede modelar bajo una cinética de orden cero, por el contrario las características fisicoquímicas como firmeza, parámetro de color b^* y pH se ajustan bien al modelo de cinética de orden 1.

Se concluye que el pH mostró la mejor calidad de ajuste sobre el las curvas experimentales, con altos valores $R^2 (> 0,85)$ y valores bajos de RMSE y E% ($< 0,3$; $< 10\%$); siguiendo un modelo matemático de orden uno, con una constante cinética de deterioro de $(0,0380 \pm 0,0036$; $0,0348 \pm 0,0041$ y $0,0199 \pm 0,0012)$ 1/día para las temperaturas (30, 18 y 4) °C respectivamente en envase PET.

La energía de activación para pH bajo las condiciones del estudio es de $32,14 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, la cual se encuentra dentro de los rangos establecidos para las frutas no climatéricas.

Se obtuvo la vida útil estimada de la fresa mediante Arrhenius para la fresa a (30, 18 y 4) °C la cual es de (7, 76, 8,01 y 15,28) días respectivamente.

Aunque los datos generados a través de la ecuación de vida útil, solo toman en cuenta las características fisicoquímicas de la fresa, se puede concluir que sus datos son confiables ya que los análisis de fenoles y antocianinas además los resultados bromatológicos y microbiológicos

realizados el día 15 en envase PET a 4°C, se encuentran en los rangos establecidos por las normas, por lo tanto mantiene todas las características aceptables para el consumidor.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda dar continuación con la investigación enfocándose en estudios acerca de nuevas tecnologías e innovaciones como el uso de recubrimientos comestibles y atmosferas modificadas las cuales ayuden a mantener las características fisicoquímicas, nutricionales, bromatológicas y microbiológicas durante el manejo poscosecha de la fresa cultivar Albión.

Implementar estrategias que ayuden a mitigar los problemas centrales los cuales fueron encontrados en las matrices de BPA y BPM como la implementación de un plan de saneamiento y conocimiento y control de ingresos/egresos, además de un seguimiento continuo al proceso de implementación de las recomendaciones realizadas a la asociación.

En posteriores investigaciones se recomienda estudiar cinéticas de deterioro con el uso de diferentes envases con permeabilidad selectiva y mejores características.

Se recomienda realizar estudios de cinética de deterioro en fresa enfocados en otro tipo de variables como nutricionales y funcionales o en otras variedades de fresa para determinar si existe alguna diferencia relevante a través del tiempo.

Se recomienda realizar un análisis de cromatografía de gases para determinar los compuestos fenólicos y antocianinas al inicio y al final de la vida útil y de esta manera conocer las características de cada uno de ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRONET. (2014). *Agronet MinAgricultura*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Alcántara, M. (2009). *Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Almenar, E. M. (2005). *Envasado activo de fresas silvestres*. (Tesis de pregrado). Universidad de Valencia, Valencia, España (pp. 12-19).
- Alvarado, J. (1993). Viscosidad y energía de activación de jugos filtrados. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 33 (1), 87-93.
- Álvarez, J., Galvis, J., & Balaguera, E. (2009). Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 24-30.
- Arias, J. (2008). *Aprovechamiento agroindustrial de la uvilla (Physalis peruviana L.) Para la obtención de productos cristalizados y chips*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador (p. 9-14).
- Aristizábal, I., & Restrepo, J. (2010). Conservación de fresa (*fragaria x ananassa Duch* cv. Cmarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y cera de carnaúba. *Vitae*, 17 (3), 252-263.
- Association of Official Analytical Chemists. (1984). *Official Methods of the A.O.A.C., 15 th Ed.* (pp. 124). United States: 2000 AOAC International.
- Ávila, G., Sánchez, E., Muñoz, E., & Martín, L. (2008). Diagnóstico de la calidad microbiológica de frutas y hortalizas en Chihuahua, México (Con 3 Tablas). *Phyton (Buenos Aires)*, 77(1), 129-136.
- Ayola, Y., & Hernández, M. (2011). U so de recubrimiento a base de alginato y su efecto en la calidad de la fresa (*fragaria ananasa*) cv. Camarosa. @Limentech ciencia y tecnología alimentaria, 9(1), 22-30.
- Balaguera, H. E., Herrera, A. A. (2012). Estudio de algunos cambios bioquímicos durante el crecimiento y hasta la cosecha del fruto de champa(*Campomanesia lineatifolia* R. & P. *Familia Myrtaceae*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2), 460-468.

- Barrett, D., & Beaulieu, J. (2010). Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 50(9), 369-389.
- Beltrán, A., Ramos, M., & Álvarez, M. (2010). Estudio de la Vida Útil de Fresas (*Fragaria vesca*) Mediante Tratamiento con Radiación Ultravioleta de Onda Corta (UV-C). *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, 23(2), 17-24.
- Bernal, J. (1994). *Manejo agronómico de gulupa (passiflora edulis sims) en el marco de las buenas prácticas agrícolas (bpa)*. (pp.183-197). Bogotá: Universidad Nacional De Colombia
- Berries in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 537-544.
- Bordigon, C., Francescato, V., Nienow, A., Calvete, E., & Reginatto, F. (2009). Influencia do pH da solucao extractiva no teor de antocianinas em frutos de morango. *Ciencia e Tecnologia de alimentos*, 29(1), 183-188.
- Borja, E., (2010). Estudio de la conservación de fresas (*fragaria vesca*) mediante tratamientos térmicos. Universidad Técnica De Ambato. (Trabajo de grado). Universidad Técnica Ambato, Ambato, Ecuador. (p. 39).
- Brousse, M., Vergara, M., Zubreski, E., Cruz, N., & Martos, M. (2014). Cinética de absorción de agua de tejidos de mandioca macerados con una poligalacturonasa microbiana. *Revista Ciencia y tecnología*. 16(22), 53-57.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual de Fresa*. (pp. 32-38) Bogotá: Gill Sans.
- Campo, Y., Boada, E., & Delgado, J. (2016). Comparación de tres empaques para la conservación en poscosecha de la fresa (*Fragaria vesca*). *Revista de la Asociación Colombiana y tecnología de alimentos*, 23(36), 42-48.
- Casanova, L., & Cordoba, K. (2013). *Evaluación postcosecha y calidad fisicoquímica de dieciseis (16) genotipos de lulo (solanum quitoense Lam.) tolerantes al nudo radical causado por Meloidogyne spp.* (Trabajo de pregrado). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia (p. 20-25).
- Casierra, F., Peña, J., & Vargas, A. (2011). Propiedades Fisicoquímicas de Fresas (*Fragaria sp*) Cultivadas Bajo Filtros Fotoselectivos. *Revista Facultad Nacional Agraria de Medellín*, 64(2), 6221-6228.

- Ceballos, A., & Coral, L. (2012). *Cuantificación de cafeína, fenoles totales y actividad antioxidante en la infusión y decocción de las hojas de Guayusa (Ilex guayusa)*. (Tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia (p. 33-37).
- Ceponis, M. J., & Butterfield, J. E. (1973). Disorders in sweet cherry and strawberry shipments to the New York Market, 1972- 1984. *USDA Marketing Research*, 996(71), 471.
- Cerón, A., Osorio, O., & Garcés, L. (2016). Procedimiento de Arvejas (*Pisum sativum L.*). Parte 2: Cinética de absorción de agua en semillas de arveja, variedad San Isidro y Sureña. *Información Tecnológica*, 27(1), 81-90.
- Chéour, F., Willemot, J. Arul, Y. Desjardins and J. Makhlof. (1991). Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl₂. *HortScience*. 26(9), 1186-1188.
- Chordi, S. (2013). *Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad*. (Tesis de pregrado). Universidad de Lleida, Lleida, España. (p. 5-22).
- Colciencias. (2016). *A Ciencia Cierta*. Recuperado de <http://www.colciencias.gov.co/node/1302>
- Creus, G. (2004). Compuestos fenólicos, Un análisis de sus beneficios para la salud. *Offarm*, 23(6), 80-84.
- Crocker, S. (2011). *Hormonas vegetales*. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/hipertextos%20de%20biologia/auxinas.htm>
- Crozier, A., Burns, J., Aziz, A., Stewart, A., Rabiasz, H., Jenkins, G., Lean, M. (2000). Antioxidant flavonols from fruits, vegetables and beverages: measurements and bioavailability. *Biology Research*, 33, 79-88.
- Cruz, L., Jacxsens, L., Siro, I., & Devere, J. (2008). Envasado de fresas con alta concentración de oxígeno con atmósfera modificada en equilibrio. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 18(3), 24-30.
- De la Haba, H., Sanchez, M., Benitez, M., Fernandez, J., Garrido, M., & Perez, D. (2012). Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. *Journal of Food Engineering*, 110(1), 102-108.
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2015). “*En San Bernardo – Nariño la mora y la fresa son el almibar del desarrollo*”. Recuperado de <http://www.consolidacion.gov.co/?q=content/en-san-bernardo-%E2%80%93-nari%C3%B1o-la-mora-y-la-fresa-son-el-almibar-del-desarrollo>

- Escobar, R. M. (2014) Las practicas agricolas de la asociacion flores y frutas de huachi grande y incidencia en la calidad y productividad de fresas (*Fragaria vesca*) variedad Albión. (Tesis de Maestria). Universidad Tecnica de Ambato. Ambato, Ecuador. (p. 65).
- Espinosa, L. (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón). *Revista Chapingo*, 16(2), 115-121.
- FAO. (1989). *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. Recuperado de [http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S02.htm#Estandarizacion de productos frescos](http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S02.htm#Estandarizacion%20de%20productos%20frescos)
- FAO. (2010). *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S04.htm#3>
- FAO. (2012). *Perdidas y desperdicio de alimentos en el mundo, Alcance, causas y prevención*. (pp.4) Roma, Italia: Save Food.
- FAO. (26 de Junio de 2007). *Manual del manejo poscosecha de frutas tropicales*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- FAOSTAT. (2014). *Top production of strawberries*. Food and Agriculture Organization of the United. Recuperado de <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Ferrucho A. M., Ruíz D. (2013) *Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa ('albion' y 'monterey') sembrados a libre exposición y bajo macrotúnel en la sabana de bogotá Colombia*. (Tesis de pregrado). Universidad militar Nueva granada, Bogotá, Colombia. (p. 6).
- Fischer, G., & Martinez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana*, 16(3), 35-39.
- Gallo, P. (2001). Índice de madurez de piña cayena lisa y proyecto de norma de calidad. *Simposio Latinoamericano de Piñicultura*, 184-193.
- Garcés, L., & Peñuela, G. (2006). Cinética de degradación y mineralización del colorante Naranja Reactivo 84 en aguas. *Revista Lasallita de Investigación*, 2(2), 21-25.
- García, A. (2008). Evaluación de un tratamiento poscosecha de la tecnología iv gama en frutos de moras (*rubus glaucus* benth). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1), 44-54.

- García, A., & Praderas, G. (2010). Influencia del cloruro de calcio y de un tipo de empaque sobre las propiedades fisicoquímicas y la textura de la fresa (*fragaria x ananassa duch.*) Durante el almacenamiento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(1), 27-33.
- García, C. (2012). *Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo cosecha y poscosecha de mora (Rubus Glaucus Benth) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha, en municipio de silvaniai.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. (p. 95).
- García, C., Chacón, G., & Molina, M. (2011). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingeniería: Revista de la Universidad de Costa Rica*, 21(2), 31-38.
- Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos activos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica de Colombia*, 13(3), 27-36.
- Godoy, C. A. (2004). Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata*, 36(1), 53-61.
- Gómez J. A. (2006). *Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades asociadas al cultivo de fresa (Fragaria spp, L) en el municipio de la Sabana, departamento de Madriz.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. (p. 6).
- González, A. (2012). *Bacillus subtilis como promotora del rendimiento y calidad de fersa.* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico Nacional. Michoacán, México. (p. 25-80).
- Guerrero, J., Luigi, C., Castilla, A., Mendel, S., Schalchli, H., & Hormozabal, U. (2010). Antioxidant Capacity, Anthocyanins, and Total Phenols of Wild and Cultivated Márquez, J., Otero, M., & Cortes, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Vitae*, 14(2), 9-16.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *ScienceDirect*. 110(1), 428-435.
- Ibarz, A., & Garza, S. (2004). Rheological behaviour of clarified strawberry juice at high concentrations. *Alimentaria*, 350 (1), 91-95.

- ICONTEC. (1997). *NTC 4103 Frutas frescas: Fresas variedad Chandler. Especificaciones*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, Colombia (p. 4-5).
- InfoAgro. (2012). *El Cultivo de la fresa*. Recuperado de http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/fresas.htm
- Kadel, A. A. (2003). A Perspective on postharvest horticulture (1978-2003). *HortScience*, 38(5), 1004-1008.
- Kelebek, H., & Selli, S. (2011). Characterization of phenolic compounds in strawberry fruits by rp-hplc-dad and investigation of their antioxidant capacity. *Journal Of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 34(20), 2495-2504.
- Kosinska, A., Karamác, M., Estrella, I., Hernández, T., Bartolomé, B., & Dykes, G. (2012). Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea Americana* Mil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (18), 4613-4619.
- Laleh, G., Frydoonfar, H., Heindary, R., Jameel, R., & Zare, S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four berberis species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5 (1), 90-92.
- Lana, M., Tijsskens, L., & Van Kooten, O. (2005). Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh-cut tomatoes. *Biology and Technology*. 35(1), 85-95.
- Ley 4107 de 2011 (Resolución 3929). Ministerio de salud y protección social, Republica de Colombia, 2 de Octubre de 2013.
- López, M., & Ruiz, S. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 14(1), 31-43.
- Lourdes, M. & González, A., (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia Valencia, España. (p. 163).
- Manayay, D., & Ibarz, A. (2010). Modelamiento de la cinética de reacciones del pardeamiento no enzimático y el comportamiento reológico, en el proceso térmico de jugos y pulpas de fruta. *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 155-168.
- Márequez, J., Otero, M., & Cortés, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Vitae*, 14(2), 9-16.

- Martínez, G., Mercado, J., López, M., & Prieto, B. (2013). Propiedades Fisicoquímicas de seis variedades de Fresa que se cultivan en Guanajuato. *Revista de Ciencias Agrícolas. universidad de Guanajuato*, 9(1), 12-15.
- Marzocca, A. (1985). *Nociones básicas de taxonomía vegetal*. (pp. 103-108) Costa Rica: Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura.
- McGillivray, G., & Pedraza, J. M. (1998). *Análisis económico e investigación de mercados para proyectos hortofrutícolas*. (pp. 33). Bogota: Sena editores.
- Medina, A. (2006). *Influencia del mantenimiento de la cadena de frío controlada en la vida útil, calidad microbiológica, físico química y organoléptica en fresas tipo exportación*. (Trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. (p. 99).
- Melgarejo, M., Hernández, S. & Barrera, J. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. (pp. 167-495). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Méndez, L., Rodríguez, J., Cruz, M., Sandoval, S. & Barriada, G. (2017). Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 230(2017), 174-82.
- Mendoza, A., & Herrera, A. (2012). Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (*Solanum tuberosum Grupo phureja*) sometida a tres Condiciones de Escaldado. *Información tecnologica*, 23(4), 73-82.
- Mercado, F., López, M., Martínez, G., & Abraham, M. (2016). Estimación de la vida de anaquel mediante pruebas aceleradas en fresa entera en bolsa de polietileno y pulpa de fresa congelada. *Investigación y desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 636-640.
- Meyers, K. J., Watkins, C. B., Pritts, M. P., & LIU, R. (2003). Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *Journal of Agricultural and Food and Chemistry*. 51(23), 6887-6892.
- Millan, L., & Ciro, H. (2012). Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (*Cavendish valery*). *Revista Lasallista*, 4(1), 163-191.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). *Agrocadena de Fresa*. (pp. 22). México: Dirección Regional Central de Guanajuato.

- Moldovan, B., Chisbora, C., & Cimpoiu, C. (2012). Degradation kinetics of anthocyanins from european cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts. Effects of temperature, pH and storage solvent. *Molecules extracts*, 17(10), 11655-11666.
- Morales, M., Hernández, M., Cabezas, M., Barrera, J., & Martínez, O. (2001). Caracterización de la maduración del fruto de - pina nativa (*Ananas comosus* L. *merrill*) cv. India. *Agronomía Colombiana*, 18 (1-2), 7-13.
- Moreiras, O., Carvajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2006). *Tablas de composición de alimentos Ed. 10*. (pp. 108). Madrid: Pirámide Editores.
- Mukherjee, A., Speh, D., Jones, A., Buesing, K., & Diez, F. (2006). Longitudinal microbiological survey of fresh produce grown by farmers in the upper Midwest. *Journal of Food Protection*, 69(8), 1928-1936.
- Nunes, M. (2007). *Caracterización y procesado de kiwi y fresa cultivados por diferentes sistemas*. (Tesis doctoral). Universidad de Santiago de Compostela, Galicia, España. (p. 12).
- Núñez, K., Castellano, G., Ramírez, R., Sindoni, M., & Marín, C. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). *Iberoamericana de tecnología postcosecha*, 13(1), 21-30.
- Ordoñez, J., & Fajardo, R. (2015). Determinación de la vida de estante de alimentos en refrigeradores bioactivos® y no frost®. (Trabajo de grado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. (pp. 78-82).
- Ospina, S. M., & Cartagena, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista Investigativa*, 5(2), 12-18.
- Paladino, S. C., & Zurits, C. A. (2012). Extracto de semillas de vid (*Vitis vinifera* L.) con actividad antioxidante: concentración, deshidratación y comparación con antioxidantes de uso comercial. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias Mendoza*, 44(2), 131-143.
- Palomino, L., García, C., Gil, J., Rojano, B., & Durango, D. (2009). Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia). *Revista de la facultad química farmacéutica*, 16(3), 388-395.

- Patarroyo, C., & Cárdenas, A. (2014). *Efecto de recubrimientos comestibles a base de goma xantán, gelatina y caseína sobre la cinética de deterioro de la mora de castilla*. (Trabajo de grado) Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. (p. 41-42).
- Pelayo, C., Ebeler S.E., Kader, A. A. (2001). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air/20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2003), 171-183.
- Piergiovann, L., & Limbo, S. (2010). *Food packaging. Materiali, tecnologie e qualità alimenti*. (pp. 568). Italia: Springer – Verlag.
- Prior, R., Wu, X., Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(1), 4290–4302.
- Ramírez, J. (2012). *Conservación de mora de castilla (Rubus glaucus Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller)*. (Trabajo de maestría) Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. (p.78)
- Restrepo, A. M., Cortes, M., & Rojano, B. (2009). Determinación de la vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa* Dutch) fortificada con vitamina E. *Dyna*, 76(159), 163-175.
- Restrepo, A. M., Cortes, M., & Rojano, B. (2010). Potenciación de la capacidad antioxidante de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) por incorporación de vitamina E utilizando la técnica de impregnación al vacío. *Vitae, Revista de la Facultad de química farmacéutica*, 17(1), 135-140.
- Restrepo, J., & Aristizabal, I. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y cera de carnaúba. *Alimentos: ciencia, tecnología e ingeniería*, 17(3), 252-263.
- Robertsob, G.(2013). *Food Packaging - Principles and Practice 3rd Edition*. (pp. 79). New York: CRC Press.
- Rodríguez, R. (2016). *Estudio de la obtención de extractos de fresón (fragaria x ananassa) de alta capacidad antioxidante a partir de la fruta liofilizada*. (Trabajo de grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. (p. 12-13).

- Rubio, S. A., Alfonso, A. M. Grijalba, C. M., Pérez M. M. (2014). Determinación de los costos de producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 67-79.
- Rufino, C., Cantillano I, F., Ávila, J., Peralba, M., Pizzolato III, T., & Toralles, R. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*, 30(4), 620-626.
- Ruiz, R., & Piedrahíta, W. (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico, Fresa (Fragaria x ananassa)*. (pp. 474-495). Bogotá: Produmedios.
- Ruiz, Y., Sánchez, J., Hernández, E., Auleda, J., & Raventós, M. (2010). Viscosidad de zumos comerciales de melocotón, manzana y pera a temperaturas cercanas a la congelación. *Revista de Química Teórica y Aplicada*, 66(546), 114-118.
- Saavedra, N., Algecira, N. A. (2010). Evaluación de las películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresa. *Nova – Publicación Científica en Ciencias Biomédica*, 8(14), 121-240.
- Salinas, M., Almaguer, G., Peña, G., & Ríos, R. (2009). Ácido elágico y perfil de antocianinas en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus L.*) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo*, 15(1), 97-101.
- Salinas, M., Gonzales, G., & Pirovani, M. (2007). Modelling deterioration of fresh-cut vegetables. *Universidad y Ciencia*, 23(2), 183-196.
- Salmanca, G., & Abril, J., (2008). Cinética de degradación termica del color en cremogenado de mango (*Mangifera Indica. L. Var. Hilaca*). *Interational Center for Numerical Methods in Engineering*, 1(1),1-6.
- Šamec, D., Maretić, M., Lugarić, I., Mešić A., Salopek A., Duralija, B. (2016). Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. *Food Chemistry*, 149(1), 828-834.
- Sanz, M. (2005). Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene. *Journal of Food Science*. 64(4), 748–752.
- Schestribatov, K. A., & Dolgov, S. V. (2005). Transgenic strawberry plants expressing a thaumatin II gene demonstrate enhanced resistance to (*Botrytis cinerea*). *Scientia Horticulturae*, 106(2), 177-189.

- Shamaila, M., Baumman, T., Eaton, G., Powrie, W., & Skura, B. (1992). Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia. *Journal of Food Science*, 27(3), 696–699.
- Soria, M. B. (2010). *Caracterización fitoquímica de genotipos Mexicanos de Fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, México. (p. 6-12).
- Stanley, D. (1998). Keeping freshness in fresh-cut produce. *Agricultural Research. Agricultural Research magazine*, 46 (2), 12-14.
- Tárin, M. (2015). *Evaluación de la calidad funcional de extractos de mora y fresa*. (Tesis de pregrado). Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España. (p. 3-5).
- Tharanathan, R., Yashoda, T., & Prabha, T. (2006). Mango (*Mangifera indica L.*), "the king of fruits"-an overview. *Food Reviews Internationa.*, 22(2), 95-123.
- Utzinger, D., Arias, M. L., Monge, R., & Antillón, F. (1992). Calidad microbiológica y valor nutricional de frutas frescas que venden en puestos callejeros. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 13(2), 17-25.
- Vallejo, J., & Velasco, A. (2015). *Aplicación de la tecnología de empaques bajo atmosferas modificadas (NAP) en la conservación y vida útil de arveja (Pisum santivun L.) Variedad Obonuco andina*. (Trabajo de grado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. (p. 87-90).
- Vásquez, M., & Guerrero, A. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Udlap*, 7(2), 5-14.
- Vera, J., Ríos, L., Sainz, R., & Tapia, L. (2013). *Producción de alcoholes volátiles durante la maduración de los frutos*. Recuperado de http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf
- Vignoni, L., & Cesari, R. (2006). Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*, 17 (6), 63-67.
- Villa, R. (2010). *Desarrollo y evaluación de tratamientos con microondas de fresas*. (Tesis de maestría). Universidad de las Américas Puebla, Puebla, Mexico. (p. 5-15).
- Villegas, N. (2011). *Determinación de compuestos con actividad antioxidante en productos untables de fresa (cv. Camarosa)*. (Tesis de maestría). Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Valencia, España. (p. 3-10).

- Vóca, S., Dobricevic, N., Duralija, V., Druzic, J., Cemelik, Z., & Skendrovic, M. (2008). Fruit quality of new early ripening strawberry cultivars in Croatia. *Food Technology Biotechnology*. 43(3), 292-298.
- Zapata, L. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante para alimentos*. (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, Valencia, España. (p. 12-102).
- Zapata, M. (2014). *Obtención de extractos de antocianinas a partir de Arándanos para ser utilizado como colorante y antioxidante en la industria alimentaria*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. (p. 4-5).
- Zapata, S., & Piedrahita, A. M. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(1), 25-36.

ANEXOS

ANEXO 1. Lista de verificación en Buenas prácticas Agrícolas (BPA)

							
Lista de verificación en Buenas Practicas Agricolas							
"CULTIVO DE FRESA CON CRITERIOS AGROECOLOGICOS, APLICANDO CONOCIMIENTOS ANCESTRALES"							
1 Información General							
Fecha De Visita					Visita No.		
Departamento					Municipio		
Corregimiento					Nombre del predio		
Altura (msnm)					Latitud - Longitud		
Representante Legal o propietario					Identificacion No.		
Celular					Correo electronico		
Dirección					Area del predio (m2)		
2. Características agroecologicas							
PARAMETROS						OBSERVACIONES	
Temperatura (°C)							
Humedad relativa (%)							
Precipitación							
2.1 Suelos							
Topografía del suelo	Plano __	Ondulado __	pendiente __	Otro __	¿Cuál?:		
¿Existe estudio de suelos?	Si __			No __			
¿Se ha verificado el uso de suelo en el POT?	Si __			No __			
¿Existe un plano de ubicación del predio?	Si __			No __			
¿Existe un plano de ubicación del cultivo e instalaciones?	Si __			No __			
¿Conoce cual era el uso del suelo anteriormente?	Si __			No __			

2.2 Agua							
¿Conoce la procedencia o fuente de agua?	Si ___			No ___			
¿Se han realizados analisis de agua?	Si ___			No ___			
¿Cuál es la forma de transporte de agua?	Motobomba		Tuberias		Manual		
¿Cuenta con documento de concesión de aguas de riego?	Si ___			No ___			
¿Cuenta con abastecimiento suficiente de agua?	Si ___			No ___			
¿Existen desperdicios de agua en finca?							
3. fertilizantes							
¿Realiza la fertilización en base a requerimientos nutricionales?							
¿Utiliza agroquímicos?	Si ___			No ___			
¿Almacena adecuadamente los fertilizantes	Si ___			No ___			
¿Utiliza abonos organicos para la fertilizacion?	Si ___			No ___			
¿Que tipo de abono orgnico utiliza?							
¿Utiliza un lugar adecuado y alejado de la zona de cosecha para la elaboración de abonos organicos?	Si ___			No ___			
¿Cual es la materia prima para la elaboración del abono organico?							
¿Cual es el tiempo de fermentacion del abono?	1 mes	2 meses	3 meses	Otro, Cual?			
¿Conoce los nutrientes que aporta el abono organico?	Si ___			No ___			
¿Cual es la forma de adición al cultivo?	Directa		En la raiz		Sobre la tierra		
	Otro, Cual?						

4. Registros								
¿posee registros de aplicación de fertilizantes?	Si ___			No ___				
¿Posee registros de aplicación de fitosanitarios en el cultivo?	Si ___			No ___				
¿Realiza registro de siembra?	Si ___			No ___				
¿Posee la información general de los trabajadores?	Si ___			No ___				
¿Posee registro de cosecha?	Si ___			No ___				
¿Posee registro de limpieza y desinfección de herramienta?	Si ___			No ___				
¿Posee procedimiento de manejo de paga y enfermedades?	Si ___			No ___				
¿Posee plan de fertilización?	Si ___			No ___				
¿Posee plan de saneamiento?	Si ___			No ___				

ANEXO 2. Lista de verificación en Buenas prácticas de Manufactura (BPM)

							
Lista de verificación en Buenas Practicas de Manufactura							
"CULTIVO DE FRESA CON CRITERIOS AGROECOLOGICOS, APLICANDO CONOCIMIENTOS ANCESTRALES"							
1. IDENTIFICACION DE LA ASOCIACION							
Fecha De Visita					Visita No.		
RAZON SOCIAL					NIT		
REPRESENTANTE LEGAL							
DEPARTAMENTO					MUNICIPIO		
CORREGIMIENTO					DIRECCION		
ACTIVIDAD INDUSTRIAL							
PRODUCTOS COMERCIALIZADOS							
TAMAÑO DE LA ASOCIACION		GRANDE	MEDIANA	PEQUEÑA	MICROEMPRESA		
		>200 empleados	De 51 - 200	de 11 - 50	< o = 10		
MARCA QUE COMERCIALIZA							
POSEE REGISTRO SANITARIO		Si	No	Cual?			

2. ASPECTOS A VERIFICAR		
2.1 INSTALACIONES FISICAS	CALIFICACION	OBSERVACIONES
El centro de acopio se ubica en lugar alejado de focos de insalubridad o contaminación		
La construcción es resistente y a prueba de plagas		
EL centro de acopio presenta aislamiento y protección contra el libre acceso de animales y personas		
Los accesos y alrededores del centro de acopio se encuentran limpios de materiales, adecuados y en buen estado de mantenimiento		
Se controla el crecimiento de maleza alrededor de la construcción		
Los alrededores están libres de agua estancada		
Las puertas, ventanas y claraboyas están protegidas para evitar la entrada de polvo, lluvia.		
Existe una clara separación entre las áreas de proceso que evite la contaminación cruzada.		
El centro de acopio está construido para un proceso secuencial.		
Existe señalización en las diferentes áreas en el centro de acopio		
Existe botiquín de primeros auxilios en el centro de acopio		
2.2 INSTALACIONES SANITARIAS	CALIFICACION	OBSERVACIONES
El centro de acopio cuenta con servicios sanitarios bien ubicados en cantidad suficiente, separado por sexo y en buen estado y funcionamiento.		
Los servicios sanitarios están limpios y dotados con elementos para higiene personal (jabón líquido, toallas desechables, papel higiénico, caneca con tapa, etc.)		
Existe un espacio adecuado e higiénico para el descanso y consumo de alimentos por parte de los empleados		
Existen vestidores en buen estado y alejados del área de proceso		

2.3 PERSONAL MANIPULADOR		
2.3.1 PRACTICAS HIGIENICAS Y MEDIDAS DE PROTECCION	CALIFICACION	OBSERVACIONES
Todos los empleados que manipulan la fruta llevan uniforme adecuado de color claro y limpio, dotados con los elementos de proteccion		
Las manos se encuentran limpias, sin joyas y sin esmalte		
Los manipuladores no presentan afecciones en la piel o enfermedades infecciosas		
Los empleados no comen o fuman en areas de procesos		
los empleados no salen con el uniforme fuera de la fabrica		
2.3.2 EDUCACION Y CAPACITACION		
Existen programas y actividades permanentes de capacitación en manipulacion higienica y se llevan registros del mismo		
Existen avisos alusivos a la necesidad de lavarse las manos despues de ir al baño o de cualquier cambio de actividad y a practicas higienicas, medidas de seguridad, ubicación de extintores etc.		
2.4 CONDICIONES DE SANEAMIENTO		
2.4.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
Existen procedimientos escritos sobre el manejo y calidad del agua		
Existen parametros de calidad para el agua potable		
Cuenta con tanque de almacenamiento de agua, está protegido, es de capacidad sufieciente, se limpia y se desinfecta periodicamente (registros)		
Existe control de cloro residual y se llevan registros		
El agua utilizada en planta es potable		

2.4.2 MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS LIQUIDOS	CALIFICACION	OBSERVACIONES
El manejo de residuos liquidos dentro del centro de acopio no representa riesgos de contaminacion para los productos ni para las superficies en contacto con estos		
2.4.3 MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS		
Existen suficientes, adecuados y bien ubicados e identificados recipientes para la recoleccion interna de los residuos solidos y basuras		
Son removidas las basuras con frecuencia necesaria		
Despues de desocupados los recipientes se lavan y se desinfectan (si es necesario) antes de ser colocados en el sitio respectivo		
Existe instalaciones destinadas exclusivamente para el deposito temporal de los residuos solidos, adecuadamente ubicado e identificado, protegido (contra lluvia, plagas, animales domesticos y personal no autorizado)		
2.4.4 LIMPIEZA Y DESINFECCION		
Se realiza inspeccion, limpieza y desinfección periodica en las diferentes areas, equipos, utensilios, manipuladores		
Existen procedimientos escritos especificos de limpieza y desinfección ademas de llevar registros		
Se tiene claramente definido los productos utilizados: fichas tecnicas, concentraciones, modo de preparacion, empleo y rotación de los mismos.		
Los productos utilizados se almacenan en un sitio ventilado, identificado, protegido y bajo llave y se encuentran debidamente rotulados , organizados y clasificados		
2.5 CONTROL DE PLAGAS		
Existen procedimientos escritos especificos de control de plagas con enfoque preventivo y se llevan registros		
No hay evidencias o huellas de la presencia o daños de plaga		
Existen elementos para el control de plagas, bien ubicados		
Los productos utilizados se encuentran rotulados y se almacenan en un lugar alejado, protegido y bajo llave		

3.3 ENVASES	CALIFICACION	OBSERVACIONES		
Los envases y empaques estan limpios, en perfectas condiciones y no han sido utilizados previamente para otro fin, ademas son adecuados y estan fabricados con materiales adecuados para estar en contacto con el alimento				
Los envases son inspeccionados antes del uso				
Los envases son almacenados en adecuadas condiciones de sanidad y				
3.4 OPERACIONES DE ENVASADO Y EMPAQUE				
Al envasar o empacar el producto se lleva un registro con fecha y detalles de elaboracion y producción				
El rotulo o etiqueta no esta en contacto directo con el producto				
3.5 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO				
Se lleva control de entrada salida y rotación de los productos				
El almacenamiento de los productos se realiza ordenadamente en estibas o pilas sobre pales apropiados, adecuada separación de las paredes y del piso				
3.6 CONDICIONES DE TRANSPORTE				
Antes de cargar el producto se inspecciona el transporte cajas o canastillas				
Las condiciones de transporte excluyen la posibilidad de daño, contaminación o proliferación microbiana				
Los vehiculos se encuentran en adecuadas condiciones sanitarias de aseo y operación para el transporte de los productos				
Los productos dentro de los vehiculos son transportados en recipientes o canastillas de material sanitario				
Los vehiculos son utilizados exclusivamente para el transporte de alimentos y levan el aviso				

3.7 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	CALIFICACION	OBSERVACIONES
Existen manuales, catalogos, guias o instrucciones escritas sobre equipos procesos, condiciones de almacenamiento y distribucion de los productos		
Los procesos de produccion y control de calidad estan bajo la responsabilidad de profesionales o tecnicos capacitados.		

ANEXO 3. Matriz de influencias directas Buenas Prácticas Agrícolas BPA

	PROBLEMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Falta de Calidad del Suelo	0	1	0	1	0	3	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	10
2	Falta de Calidad del Bioabono	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	2	9
3	Falta de Calidad del Fertiriego	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	7
4	Falta de Calidad del Agua	1	1	3	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	1	13
5	Bajo control de plagas y enfermedades	3	1	1	2	0	3	0	0	3	0	2	3	0	0	0	0	2	20
6	Enfermedades en fruta y planta	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	3	10
7	Baja Capacitación del Personal	0	3	3	2	3	3	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	43
8	Herramientas Inadecuadas	2	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	9
9	Contaminación de Alrededores	1	2	2	2	0	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	15
10	Baja Restricción de Acceso de personas y animales al Invernadero	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	8
11	Baja calidad en la infraestructura del invernadero	2	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0	3	0	2	2	0	2	20
12	Baja Producción de Fresa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
13	Ausencia de Registros de procedimientos	2	3	3	1	3	3	0	1	2	1	0	3	0	3	3	0	1	29
14	Falta de estandarización	2	3	3	1	3	3	2	2	2	3	3	3	3	0	3	0	3	39
15	No LYD del invernadero	3	3	2	0	3	3	0	0	2	0	3	2	0	0	0	0	2	23
16	Ausencia de centro de acopio	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	1	3	0	0	2	11
17	Baja Sostenibilidad	1	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	0	38
		20	21	21	11	19	36	4	10	24	12	18	39	9	13	14	6	30	

ANEXO 4. Matriz de influencias directas Buenas Prácticas de Manufactura BPM

PROBLEMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1 Ausencia de instalaciones para acopio	0	3	1	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	17
2 Prácticas Poscosecha Inadecuadas	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	3	1	2	0	3	3	16
3 Mala ubicación de áreas	3	3	0	2	1	0	2	0	1	2	2	1	0	0	3	0	1	0	2	0	23
4 Servicios sanitarios insuficientes	0	3	0	0	0	0	3	1	2	2	3	1	0	0	2	0	0	0	2	0	19
5 Insuficiente dotación para la manipulación del fruto	0	3	0	2	0	0	3	1	1	1	1	0	0	3	3	0	0	0	3	2	23
6 Concientización, Capacitación y Formación	3	3	2	1	1	0	3	1	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	47
7 Incumplimiento o Ausencia del plan de saneamiento	2	3	3	2	2	0	0	2	2	3	3	2	3	2	2	1	3	1	3	3	42
8 Falta de tanque de agua	0	3	1	3	0	0	1	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	16
9 Utilización de agua no potable	0	3	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	10
10 Mal manejo de residuos sólidos y líquidos	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7
11 Ausencia de inspección en LYD en las áreas, utensilios y trabajadores	0	3	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	1	2	0	1	0	3	2	18
12 Equipos y utensilios inadecuados	0	3	0	0	3	0	1	0	1	2	1	0	0	0	3	2	0	0	3	3	22
13 Ausencia de Registros de procedimientos	0	3	1	1	2	0	2	1	2	3	3	2	0	2	3	1	1	0	2	2	31
14 Falta de envases	0	3	0	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3	2	0	0	3	3	20
15 Mal almacenamiento de producto terminado	0	2	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	3	13
16 Falta de transporte adecuado	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	3	11
17 Ausencia de manuales	0	3	0	1	1	0	2	3	1	2	3	2	2	1	3	2	0	0	3	2	31
18 Pertinencia del Talento Humano	3	2	2	2	1	2	3	2	1	2	2	3	3	2	2	1	2	0	3	3	41

8																						
19	Perdidas poscosecha	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
20	Ingresos	3	3	3	3	3	3	3	1	1	2	2	2	3	2	3	2	3	2	0	47	
		1	5	1	1	2	6	3	1	2	2	2	1	1	1	3	1	1	7	4	3	
		4	0	3	9	0		9	4	0	8	5	7	6	6	9	5	5		8	7	

ANEXO 5. Tablas de determinación de orden de reacción

Coefficiente de determinación (R²) para las reacciones de orden cero y uno para pérdida de peso

Tratamiento	Orden 0*	Orden 1*
T1	0,9787 ± 0,0980	0,7815 ± 0,1033
T2	0,9514 ± 0,0121	0,7597 ± 0,0623
T3	0,9302 ± 0,0414	0,6376 ± 0,0908
T4	0,9336 ± 0,0222	0,7597 ± 0,1176
T5	0,9553 ± 0,0272	0,8014 ± 0,1039
T6	0,9469 ± 0,0285	0,7846 ± 0,0916

Coefficiente de determinación (R²) para las reacciones de orden cero y uno para pH

Tratamiento	Orden 0*	Orden 1*
T1	0,9193 ± 0,0596	0,9321 ± 0,0489
T2	0,9711 ± 0,0078	0,9737 ± 0,0086
T3	0,9554 ± 0,0157	0,9631 ± 0,0157
T4	0,9400 ± 0,0537	0,9866 ± 0,0025
T5	0,9705 ± 0,0068	0,9742 ± 0,0119
T6	0,9846 ± 0,0033	0,9858 ± 0,0036

Coefficiente de determinación (R²) para las reacciones de orden cero y uno para Firmeza

Tratamiento	Orden 0*	Orden 1*
T1	0,6896 ± 0,0228	0,8508 ± 0,0123
T2	0,8826 ± 0,03221	0,8908 ± 0,0466
T3	0,9343 ± 0,0277	0,9435 ± 0,0254
T4	0,8265 ± 0,0723	0,8948 ± 0,0682
T5	0,923 ± 0,0188	0,9433 ± 0,0194
T6	0,9342 ± 0,0011	0,9751 ± 0,0066

Coefficiente de determinación (R²) para las reacciones de orden cero y uno para Parámetro b* (Color)

Tratamiento	Orden 0*	Orden 1*
T1	0,8530 ± 0,0263	0,9391 ± 0,0330
T2	0,9845 ± 0,0026	0,9478 ± 0,0195
T3	0,9523 ± 0,0130	0,9658 ± 0,0177
T4	0,9464 ± 0,0331	0,9480 ± 0,0020
T5	0,9382 ± 0,0317	0,9627 ± 0,0053
T6	0,9517 ± 0,0377	0,9535 ± 0,0161

ANEXO 6. Tablas de Análisis de varianza LSD Fisher

Parámetro de pérdida de peso (%)		
Tratamiento	Inicio	Final
T1	0 ^a	4,7976 ^c ± 0,1861
T2	0 ^a	5,3044 ^{cd} ± 0,3376
T3	0 ^a	3,9052 ^b ± 0,6351
T4	0 ^a	3,67613 ^b ± 0,4606
T5	0 ^a	5,2228 ^d ± 0,4297
T6	0 ^a	7,0228 ^c ± 0,2670

Firmeza		
Tratamiento	Inicio	Final
T1	8,3268 ^a ± 0,8670	1,9441 ^{bc} ± 0,1185
T2	8,3268 ^a ± 0,8670	1,4592 ^{bc} ± 0,1522
T3	8,3268 ^a ± 0,8670	2,7833 ^c ± 0,7136
T4	8,3268 ^a ± 0,8670	3,8778 ^d ± 0,5768
T5	8,3268 ^a ± 0,8670	3,7801 ^d ± 0,5304
T6	8,3268 ^a ± 0,8670	2,2397 ^c ± 0,1694

pH		
Tratamiento	Inicio	Final
T1	3,11 ^a ± 0,0956 ^a	4,27 ^b ± 0,09
T2	3,11 ^a ± 0,0956 ^a	4,19 ^b ± 0,1258
T3	3,11 ^a ± 0,0956 ^a	4,21 ^b ± 0,0953
T4	3,11 ^a ± 0,0956 ^a	4,07 ^c ± 0,2645
T5	3,11 ^a ± 0,0956 ^a	4,13 ^b ± 0,1686
T6	3,11 ^a ± 0,0956 ^a	4,19 ^b ± 0,0953

Parámetro de color b*		
Tratamiento	Inicio	Final
T1	17,87 ^a ± 0,1694	14,5485 ^b ± 0,1745
T2	17,87 ^a ± 0,1694	14,8697 ^{bc} ± 0,2029
T3	17,87 ^a ± 0,1694	15,3209 ^{cd} ± 0,3816
T4	17,87 ^a ± 0,1694	15,2171 ^{cd} ± 0,3951
T5	17,87 ^a ± 0,1694	15,6541 ^d ± 0,2799
T6	17,87 ^a ± 0,1694	15,4879 ^d ± 0,2246

Parámetro de color a*		
Tratamiento	Inicio	Final
T1	-3,7333 ^a ± 1,0687	27,11 ^{bc} ± 1,5416
T2	-3,7333 ^a ± 1,0687	29,7767 ^c ± 5,6003
T3	-3,7333 ^a ± 1,0687	26,3767 ^{bc} ± 0,7031
T4	-3,7333 ^a ± 1,0687	26,88 ^{bc} ± 1,6359
T5	-3,7333 ^a ± 1,0687	23,0833 ^b ± 3,0731
T6	-3,7333 ^a ± 1,0687	23,2533 ^b ± 1,6218

ANEXO 7. Registro fotográfico de tratamientos

Tratamiento T1



Día



Día



Día



Día



Día

Tratamiento T2



Día 1



Día 2



Día 4



Día 7



Día 8

Tratamiento T3



Día 1



Día 2



Día 4



Día 7



Día 9



Día 11

Tratamiento T4



Día 1



Día 2



Día 4



Día 7

Tratamiento T5



Día 1



Día 2



Día 4



Día 7



Día 9



Día 13



Día 15



Día 17

Tratamiento T6



Día 1



Día 2



Día 4



Día 7



Día 9



Día 11



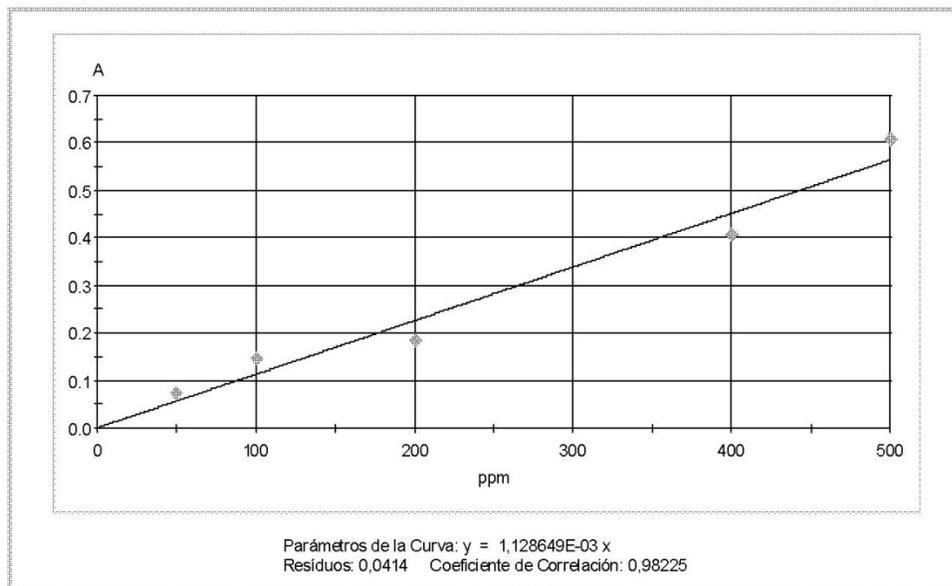
Día 13



Día 15

ANEXO 8. Gráfica de calibración con ácido gálico en ppm para contenido de fenoles totales

Método: curva fenoles fresa.mqa (765 nm)
Última modific.: 21/10/2016 12:27:46 p.m. por PlantaPiloto/PC03
Espectrofotómetro: GENESYS 10S
Número de serie: 2L5L078001
Firmware: 2.000
Medida: 21/10/2016 12:43:33 p.m. por PlantaPiloto/PC03
Archivo resultado: Resultados dia 2.rqa



ANEXO 9. Fenoles totales y Antocianinas**Ejemplo de cálculo de contenido de fenoles totales y contenido de antocianinas en fresa cultivar Albión.**

Contenido de fenoles: 316,928mg/L

Volumen de extracto de fresa empleado: 500μL

Factor de dilución: 15g fresa/30mL de etanol: 2

Volumen total del matraz aforado: 10mL

$$316,928 \frac{mg}{L} \times \frac{1L}{1000mL} = 0,31693 \frac{mg}{mL}$$

$$C1V1 = C2V2$$

Dónde:

C1: Concentración de compuestos fenólicos en el volumen total del matraz

V1: Volumen del matraz aforado (10mL)

V2: Volumen del extracto de fresa empleado

C2: Concentración de compuestos fenólicos en el volumen de extracto de fresa empleado

$$C2 = \frac{C1V1}{V2} = \frac{0,31693 \frac{mg}{mL} \times 10mL}{0,5mL}$$

$$C2 = 6,33856 \frac{mg \text{ Ácido galico}}{mL \text{ de extracto de fresa}}$$

$$6,33856 \frac{mg}{mL} \times \frac{30mL}{15g} = 12,677 \frac{mg}{g \text{ de fresa}} \times 100 = 1267,712 \frac{mg \text{ Ácido galico}}{100 g \text{ de fresa}}$$

Ejemplo de cálculo de concentración de Antocianinas**Solución buffer pH=1**

Absorbancia a 520nm: 0,532

Absorbancia a 700nm: 0,004

$$Abs_{510} - Abs_{700} = 0,528$$

Solución buffer pH= 4,5

Absorbancia a 520nm: 0,170

Absorbancia a 700nm: 0,0041

$$Abs_{510} - Abs_{700} = 0,166$$

Volumen de extracto de fresa empleado: 1,25mL

Volumen matraz aforado: 50mL

Factor de dilución: 30mL etanol/15g de fresa

$$DF: 50/1,25 = 40$$

$$TA = [(A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}]$$

$$Abs_{520} - Abs_{700}$$

$$Abs = 0,528 - 0,166 = 0,362$$

Con la absorbancia se sustituye:

$$TA = \frac{\{[(A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}] \times PM \times DF \times 1000\}}{\varepsilon \times L}$$

Dónde

PM: peso molecular de la pelargonidina-3-glucósido (449,2 g/mol)

DF: factor de dilución

ε: coeficiente de extinción (22400 L/molxcm)

L: longitud de la cubeta en 1 cm.

$$TA = \frac{\{0,362 \times 449,2 \times 40 \times 1000\}}{26900 \times 1}$$

$$TA = 241,79 \frac{mg}{L}$$

$$TA = 24,179 \frac{mg \text{ de cianidina} - 3 - \text{glucósido}}{100mL \text{ de extracto}}$$

$$TA = 24,179 \frac{mg \text{ de cianidina} - 3 - \text{glucósido}}{100mL \text{ de extracto}} \times \frac{30mL}{15 g \text{ de fresa}} = 0,48 \frac{mg}{g}$$

$$48,358 \frac{mg \text{ de cianidina} - 3 - \text{glucósido}}{100 g \text{ de fresa}}$$

ANEXO 10. Resultados Bromatológicos

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS				Código: LBE-PRS-FR-76	
	REPORTE DE RESULTADOS				Página: 1 de 1	
					Versión: 2	
					Vigente a partir de: 2014-01-15	
LABORATORIO		BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS				
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No. LB-R-		088-16
Solicitante: Rigoberto Tarapues Aguilar (Representante Legal Asociación Indígena Agroturística La Kumba)		Muestra: Fruto de fresa <i>Fragaria ananassa</i>		Código muestra		443
Dirección: Vereda Cuaical, Municipio de Cumbal		Procedencia: Invernadero # 8, Vereda Chita ladera y El Chilco, Corregimiento Tasmag, Municipio Cumbal				
cc / nit: 87513942		Responsable del Muestreo *		Paola Chamorro, Karen Pinta		
Teléfono: 3208739924		Fecha de Muestreo *		AA	MM	DD
e-mail: asokumba@hotmail.com; ollubeca@yahoo.es		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio		AA	MM	DD
		Fecha de Emisión del Reporte		AA	MM	DD
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2016-11-17 a 2016-12-13				
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal				
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Fruto de Fresa		
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	92,50		
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	7,50		
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	0,29		
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	0,32		
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	0,76		
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Titulométrica	g/100g	0,69		
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	5,44		
OBSERVACIONES						
<i>Note a</i>		Información suministrada por el usuario				
<i>Composición</i>		Por cada 100 g de parte comestible				
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA						
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.						

Original firmado

Gloria Cecilia Espinosa Narváez

Téc. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos

Elaboración del Reporte

Aprobación del Reporte

Revisó:

GBEN

2016-12-16

FIN REPORTE DE RESULTADOS

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS	Código: LBE-PRS-FR-78
	REPORTE DE RESULTADOS	Página: 1 de 1
		Versión: 2
		Vigente a partir de: 2014-01-15

LABORATORIO		BROMATOLOGIA - ABONOS ORGANICOS			
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No. LB-R- 091-16	
Solicitante: Rigoberto Tarapues Aguilar (Representante Legal Asociación Indígena Agroturística La Kumba)		Muestra Fruto de fresa <i>Fragaria ananassa</i> . 8 días de conservación		Código muestra 448	
Dirección: Vereda Cuaical, Municipio de Cumbal		Procedencia Invernadero # 8, Vereda Chita ladera y El Chiloo, Corregimiento Tasmag, Municipio Cumbal			
cc / nit: 87513042	Responsable del Muestreo *		Paola Chamorro, Karen Pinta		
Teléfono: 3208739924	Fecha de Muestreo *		AA 16	MM 11	DD 16
e-mail asokumba@hotmail.com; ollubeca@yahoo.es	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio		AA 16	MM 11	DD 23
	Fecha de Emisión del Reporte		AA 16	MM 12	DD 19
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2016-11-23 a 2016-12-15			
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal			
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Fruto de Fresa	
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	91,19	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	8,81	
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	0,42	
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	0,34	
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Bolsas Ankorn	Gravimétrica	g/100g	1,00	
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Titulométrica	g/100g	0,65	
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	6,41	
OBSERVACIONES					
Nota a		Información suministrada por el usuario			
Composición		Por cada 100 g de parte comestible			
RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA					
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.					

Original firmado

Gloria Soledad Espinosa Narváez

Téc. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos

Elaboración del Reporte

Aprobación del Reporte

S Revisó GSEB 2016-12-19

FIN REPORTE DE RESULTADOS

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-78
		Página: 1 de 1
		Versión: 2
		Vigente a partir de: 2014-01-15

LABORATORIO		BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS			
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No. LB-R- 096-16	
Solicitante: Rigoberto Tarapues Aguilar (Representante Legal Asociación Indígena Agroturística La Kumba)		Muestra Fruto de fresa <i>Fragaria ananassa</i> . 15 días de conservación		Código muestra 461	
Dirección: Vereda Cuaical, Municipio de Cumbal		Procedencia Invernadero # 6. Vereda Chita ladera y El Chilco, Corregimiento Tasmag, Municipio Cumbal			
cc / nit: 87513942	Responsable del Muestreo *		Paola Chamorro, Karen Pinta		
Teléfono: 3208739924	Fecha de Muestreo *		AA 16	MM 11	DD 18
e-mail asokumba@hotmail.com;	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio		AA 16	MM 11	DD 30
ollubeca@yahoo.es	Fecha de Emisión del Reporte		AA 18	MM 12	DD 19
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2016-11-30 a 2016-12-16			
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal			
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Fruto de Fresa	
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	90,96	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	8,04	
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	0,44	
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	0,38	
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	0,89	
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Titulométrica	g/100g	0,67	
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	6,86	
OBSERVACIONES					
<i>Nota a</i>		Información suministrada por el usuario			
<i>Composición</i>		Por cada 100 g de parte comestible			
RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA					
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.					

Original firmado

Gloria Janeth Espinosa Martínez

Téc. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos

Elaboración del Reporte

Aprobación del Reporte

Revisó:

GBEN

2016-12-19

FIN REPORTE DE RESULTADOS

ANEXO 11. Resultados microbiológicos

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA			Código: LBE-PRS-FR-113	
				Página: 1 de 1	
				Versión: 3	
				Vigente a partir de: 2013/05/15	
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA					
Fecha toma muestra:	21 de Noviembre de 2016	Reporte No	LMR024A-16		
Hora toma muestra:	6:00 a.m.	Código de la muestra:	LMA16-183		
Fecha de Recepción:	21 de Noviembre de 2016	Establecimiento:	-		
Hora de Recepción:	11:50 a.m	Representante legal:	Rigoberto Tarapues		
Fecha de Reporte:	29 de Noviembre de 2016	Nit/C.C.:	87513942		
Producto:	Fruta : Fresa	Dirección y Tel:	3208739924-3115911090		
Muestra tomada por:	Rigoberto Tarapues	Municipio - Depto:	Cumbal - Nariño		
Fecha de Análisis:	21 de Noviembre de 2016	Sitio de toma:	Invernadero 10 - vereda cuaicual		
Motivo de Análisis:	Estudio				
Observaciones:					
RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA					
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	< 3	-
Coliformes Fecales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	< 3	-
Mesofilos	RECuento EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	ufc / g	-	-
Recuento de Hongos y Levaduras	RECuento EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	ufc / g	300	-
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito	RECuento EN TUBO	SIEMBRA EN TUBO	ufc / g	-	-
Recuento de Estafilococo Coagulasa	RECuento EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	ufc / g	-	-
Recuento de Bacillus Céreus	RECuento EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	ufc / g	-	-
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	Negativo	-

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA		Código: LBE-PRS-FR-113		
			Página: 1 de 1		
			Versión: 3		
			Vigente a partir de: 2013/05/15		
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA					
Fecha toma muestra:	21 de Noviembre de 2016	Reporte No	LMR024B-16		
Hora toma muestra:	8:00 a.m.	Código de la muestra:	LMA16-184		
Fecha de Recepción:	21 de Noviembre de 2016	Establecimiento:	-		
Hora de Recepción:	11:50 a.m	Representante legal:	Rigoberto Tarapues		
Fecha de Reporte:	8 de Diciembre de 2016	Nit/C.C:	87513942		
Producto:	Fruta : Fresa	Dirección y Tel:	3208739924-3115911090		
Muestra tomada por:	Rigoberto Tarapues	Municipio - Depto:	Cumbal - Nariño		
Fecha de Análisis:	28 de Noviembre de 2016	Sitio de toma:	Invernadero 10 - vereda cuaicual		
Motivo de Análisis:	Estudio				
Observaciones:	Seguimiento Vida Util				
RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA					
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	< 3	-
Coliformes Fecales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	< 3	-
Mesofilos	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	ufc / g	-	-
Recuento de Hongos y Levaduras	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	ufc / g	1,500	-
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito	RECUESTO EN TUBO	SIEMBRA EN TUBO	ufc / g	-	-
Recuento de Estafilococo Coagulasa	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	ufc / g	-	-
Recuento de Bacillus Céreus	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	ufc / g	-	-
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	ASLAMIEN TO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	Negativo	-

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA			Código: LBE-PRS-FR-113	
				Página: 1 de 1	
				Versión: 3	
				Vigente a partir de: 2013/05/15	
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA					
Fecha toma muestra:	21 de Noviembre de 2016	Reporte No	LMR024C-16		
Hora toma muestra:	6:00 a.m.	Código de la muestra:	LMA16-185		
Fecha de Recepción:	21 de Noviembre de 2016	Establecimiento:	-		
Hora de Recepción:	11:50 a.m	Representante legal:	Rigoberto Tarapues		
Fecha de Reporte:	12 de Diciembre de 2016	Nit/C.C.:	87513942		
Producto:	Fruta : Fresa	Dirección y Tel:	3208739924-3115911090		
Muestra tomada por:	Rigoberto Tarapues	Municipio - Depto:	Cumbal - Nariño		
Fecha de Análisis:	06 de Diciembre de 2016	Sitio de toma:	Invernadero 10 - vereda cuaical		
Motivo de Análisis:	Estudio				
Observaciones:	Seguimiento Vida Util				
RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA					
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	<3	-
Coliformes Fecales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / g	<3	-
Mesofilos	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	ufc / g	-	-
Recuento de Hongos y Levaduras	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	ufc / g	3,000	-
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito	RECUENTO EN TUBO	SIEMBRA EN TUBO	ufc / g	-	-
Recuento de Estafilococo Coagulasa	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	ufc / g	-	-
Recuento de Bacillus Céreus	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	ufc / g	-	-
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	Negativo	-