

**INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO (CaCl₂) COMO RETARDANTE EN
LA MADURACIÓN DEL BANANO (*Musa acuminata*) DE RECHAZO VARIEDAD
CAVENDISH.**

**LILIANA MERCEDES MOLINA CERVANTES
MAIDA ALEJANDRA RAMIREZ MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TEGNOLÓGICAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

VALLEDUPAR

2019

**INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO (CaCl₂) COMO RETARDANTE EN
LA MADURACIÓN DEL BANANO (*Musa acuminata*) DE RECHAZO VARIEDAD
CAVENDISH.**

PROYECTO DE GRADO

ELABORADO POR

LILIANA MERCEDES MOLINA CERVANTES

MAIDA ALEJANDRA RAMIREZ MARTINEZ

DIRECTOR

ROSMIRO PEÑA CÓRDOBA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERIAS Y TEGNOLÓGICAS

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

VALLEDUPAR

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Valledupar _____ de _____ 2019

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de tesis primeramente a Dios por darnos la vida, permitirnos llegar a este momento y darnos la fortaleza para continuar. A nuestros padres, quienes a lo largo de la vida han velado por nuestra educación y bienestar, siendo un apoyo en todo momento. A los profesores y amigos que han depositado su entera confianza en cada reto que se nos presentó, sin dudar ni un solo momento en nuestra capacidad y por ser un pilar en la formación de nuestros conocimientos, las palabras no alcanzarán para agradecerles su comprensión, amor, paciencia y consejos en los momentos difíciles, así como en los más felices.

Liliana y Maida

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la oportunidad de vivir y cada día trabajar por mis sueños.

A mis padres por su amor, dedicación, comprensión y apoyo brindado.

A mis hermanos por ser mi punto de apoyo y guía.

A los profesores por darme la oportunidad de aprender cada día, transmitirme sus conocimientos y ayudarme a ser una mejor persona durante esta etapa universitaria.

A mi compañera de proyecto y amiga Maida Ramírez por su paciencia, apoyo y acompañamiento incondicional.

A Marcelo Valle por ser un gran amigo y brindarme sus conocimientos siendo un gran guía en el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Rosmiro Peña por su guía y dirección en la ejecución de este proyecto.

A mi pareja Virgilio Arévalo y su familia por su colaboración, paciencia y aprecio.

A mis amigos, familiares y compañeros que siempre estuvieron conmigo en los momentos más difíciles, durante este proceso.

Liliana Molina Cervantes

En primer lugar, a Dios por haberme brindado sabiduría, paciencia en la realización de este proyecto.

A mis padres Astairo Ramírez y María Martínez por todos sus sacrificios y esfuerzos para poder brindarme este nivel de educación, además de eso por su paciencia y por la confianza depositada en este largo camino.

A mis hermanas María Alejandra y Elsa Yulieth por ser las mejores amigas y por creer en mí.

A mi abuela Ruby, porque ha sido mi segunda madre brindándome todo su amor y su apoyo.

A mi compañera de proyecto y amiga Liliana Molina, porque siempre estuvimos unidas en este largo camino, dándonos apoyo la una a la otra.

A el Ingeniero y amigo Marcelo Valle por apoyarnos siempre en este camino, por su disposición y por brindarnos y transmitirnos todo su conocimientos para el buen desarrollo de este proyecto.

A mi novio Iván Escamilla por su amor y apoyo incondicional en este proceso.

A mis amigas y compañeras Jelitza Meriño, Sindy Luquez, Leidys Marin y Maria Camila Muñoz por su amistad y porque hicieron que este duro trance como es la carrera se llevara de forma más amena

Al Ingeniero Rosmiro Peña por su apoyo, guía y dirección en la ejecución de este proyecto.

Maida Ramírez Martínez

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	13
1. TÍTULO	15
2. INTRODUCCIÓN	15
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. OBJETIVOS	19
4.1. OBJETIVO GENERAL	19
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
6. MARCO TEÓRICO	22
6.1. ANTECEDENTES	22
6.2. MARCO REFERENCIAL	27
6.2.1. Generalidades del banano Cavendish.	27
6.2.2. Índices de cosecha en el banano	28
6.2.4. La Respiración.	30
6.2.5. Cambios de sabor	32
6.2.6. Cambios de aroma	32
6.2.7. Cambios de textura	33
6.2.8. Cambios en el color	34
6.2.9. Banano de rechazo	34
6.2.10. Composición química.	35
6.2.11. El cloruro de calcio como retardante de la maduración en frutas.	38

7. MATERIALES Y MÉTODOS	41
7.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	41
7.1.1. Línea de investigación.	41
7.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	41
7.2.1. Diseño del tratamiento	41
7.2.2. Análisis Estadístico	42
7.2.3. Modelo Estadístico Asociado al Diseño.	42
7.3. PROCEDIMIENTO	43
7.3.1. Efecto del cloruro de calcio (CaCl_2) en la intensidad respiratoria del banano de rechazo variedad Cavendish.	43
7.3.2. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del banano de rechazo variedad Cavendish tratado con cloruro de calcio (CaCl_2).	47
7.3.3. Análisis de la calidad microbiológica y sensorial del banano de rechazo variedad Cavendish en estado de madurez organoléptica.	51
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
8.1. EFECTO DEL CLORURO DE CALCIO (CaCl_2) EN LA INTENSIDAD RESPIRATORIA DEL BANANO DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH.	53
8.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL BANANO DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH TRATADO CON CLORURO DE CALCIO (CaCl_2).	55
8.2.1. Análisis fisicoquímicos a los bananos tratados con CaCl_2	55
8.2.2. Color	62
8.2.3. Comparación con el método de conservación usando permanganato de potasio como agente absorbente de etileno	64

8.3. ANÁLISIS LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DEL BANANO DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH EN ESTADO DE MADUREZ ORGANOLÉPTICA.	67
8.3.1. Análisis microbiológico	67
8.3.2. Análisis sensorial	68
8. CONCLUSIONES	71
9. RECOMENDACIONES	73
10. BIBLIOGRAFÍA	74
11. ANEXOS	82
11. MATERIAL COMPLEMENTARIO	97

TABLAS

Tabla 1. Tasa de respiración del banano a diferentes temperaturas	32
Tabla 2. Análisis de banano verde: pulpa y cáscara (%base húmeda)	37
Tabla 3. Análisis bromatológico banano verde Cavendish Valery	38
Tabla 4. Diseño experimental	42
Tabla 5. Escala de valores para la aceptación o rechazo del producto.	51
Tabla 6. Tasa de respiración de los bananos con y sin tratamiento con CaCl_2 a los 20 días de almacenamiento	53
Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas de los bananos tratados con cloruro de calcio	55
Tabla 8. Escala de color de los bananos con y sin tratamiento CaCl_2	64
Tabla 9. Recuento microbiológico de mohos y levaduras para los bananos con y sin tratamiento de CaCl_2 a los 20 días de almacenamiento	67
Tabla 10. Características organolépticas de los bananos con y sin tratamiento de cloruro de calcio a los 20 días de almacenamiento	68

FIGURAS

Figura 1. Etapas durante el desarrollo de las frutas.	29
Figura 2. Patrones de respiración, crecimiento y producción de etileno de las plantas climatéricas y no climatéricas. Fuente: Wills & Golding, 2016, pág 36	30
Figura 3. Patrón de respiración de algunas frutas cosechadas.	31
Figura 4. Cambios fisicoquímicos durante la maduración del banano variedad Cavendish	33
Figura 5. Etapas de la madurez del banano	43

Figura 6. Flujograma de la limpieza y desinfección del banano Cavendish	44
Figura 7. Montaje para la determinación de la intensidad respiratoria	45
Figura 8. Comportamiento de la respiración durante 20 días de almacenamiento.	54
Figura 9. Comportamiento de la pérdida de peso (PP) durante 20 días de	56
Figura 10. Comportamiento de la firmeza durante 20 días de almacenamiento.	58
Figura 11. Comportamiento de los sólidos solubles totales durante 20 días de almacenamiento.	59
Figura 12. Comportamiento del pH durante 20 días de almacenamiento.	61
Figura 13. Comportamiento del pH durante 20 días de almacenamiento.	62
Figura 14. Comportamiento de la acidez titulable durante 20 días de almacenamiento.	62
Figura 15. Comportamiento de (a) pérdida de peso (PP) (b) firmeza (c) acidez titulable (d) pH (e) Sólidos solubles totales y (f) respiración entre los bananos tratados con permanganato de potasio (KMnO_4) y cloruro de calcio (CaCl_2) durante 15 días de almacenamiento	66

ECUACIONES

Ecuación 1. Reacción del $\text{Ba}(\text{OH})_2$	46
Ecuación 2. Intensidad respiratoria	46
Ecuación 3. Normalidad del ácido oxálico	47
Ecuación 4. Acidez titulable	48
Ecuación 5. Normalidad del NaOH .	49
Ecuación 6. Pérdida de peso	49

ANEXOS

ANEXO A. Obtención de la materia prima	82
ANEXO B. Inmersión de los bananos en las soluciones de cloruro	83
ANEXO C. Formato de prueba hedonística	84
ANEXO D. Análisis estadístico de la respiración del banano	85
ANEXO E. Análisis estadístico de pérdida de peso del banano	87
ANEXO F. Análisis estadístico de firmeza del banano	88
ANEXO G. Análisis estadístico de los °BRIX del banano	89
ANEXO H. Análisis estadístico de pH del banano	90
ANEXO I. Análisis estadístico de Acidez titulable del banano	91
ANEXO J. Análisis estadístico del recuento de mohos y levaduras del banano	92
ANEXO K. Análisis estadístico de color del banano	93
ANEXO L. Análisis estadístico de textura del banano	94
ANEXO M. Análisis estadístico de olor del banano	95
ANEXO N. Análisis estadístico de sabor del banano	96

RESUMEN

El banano (*Musa acuminata*), también conocido como plátano o guineo, es quizás una de las frutas más populares y consumidas en Colombia, donde cuenta con tres zonas productoras de banano para exportación que son Urabá, Magdalena y La Guajira. La producción del banano se rige por un estricto control de tiempos para garantizar que la fruta arribe al consumidor internacional, teniendo en cuenta que no todos cumplen con la óptima calidad para ser exportados, de ahí se genera una gran cantidad de banano de rechazo, Es así como la fruta que no cumple con las exigencias de calidad se destina esencialmente a abastecer la demanda nacional; en otros casos es una fuente de materia orgánica. En esta investigación se evaluó la influencia del cloruro de calcio (CaCl_2) sobre la vida útil del banano (*Musa acuminata*) de rechazo variedad Cavendish. Se analizaron sus propiedades fisicoquímicas, su calidad microbiológica, análisis sensorial y la determinación de la intensidad respiratoria del banano en un respirómetro. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, siendo los tratamientos las diferentes concentraciones de cloruro: T₀ (testigo 0%), T₁ (5%), T₂ (10%) y T₃ (15%) y comparación de medias mediante la prueba LSD con un nivel de confianza del 95%. La inmersión de los bananos en soluciones de CaCl_2 influyó de manera significativa ($p < 0,05$) en la tasa de respiración en comparación con el testigo, presentando la menor tasa de respiración los bananos tratados con las soluciones de CaCl_2 de 10 y 15%, con valores de 40,98 y 40,05 mg $\text{CO}_2/\text{kg.h}$, respectivamente, a los 20 días de almacenamiento. La solución de 15% de CaCl_2 fue escogida como el mejor tratamiento ya que después de haber realizado el análisis estadístico presentó los mejores valores con respecto a las variables de PP, °Brix, acidez titulable y pH, la mayor tasa de respiración (pico climatérico) se dio a los 10 días de almacenamiento en comparación con el testigo que se dio a los 5 días, lográndose extender la vida útil del fruto. Los bananos tratados con cloruro de calcio presentaron menores valores para el recuento de mohos y levaduras, aunque fueron similares entre ellos. Los bananos tratados con cloruro de calcio al (5%,10% y 15%) tuvieron mejor aceptación con respecto al testigo en los atributos de color,

sabor, textura y olor. En cuanto a la comparación con el KMnO_4 , la pérdida de peso, la acidez, la firmeza y el pH fueron mayores para los bananos tratados con CaCl_2 , el pH fue más apto para los bananos tratados con KMnO_4 . Las mayores tasas de respiración de los bananos tratados con CaCl_2 (53,25 mg $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$) y KMnO_4 (47,24 mg $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$) se dieron a los 10 y 15 días de almacenamiento, respectivamente.

Se observó que el CaCl_2 actúa de manera favorable en las propiedades fisicoquímicas del banano como son pérdida de peso, sólidos solubles, acidez, pH y color, por lo que se puede utilizar en los tratamientos postcosechas de este fruto.

Palabras clave: *cloruro de calcio, banano, respiración, maduración.*

1. TÍTULO

INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO (CaCl₂) COMO RETARDANTE EN LA MADURACIÓN DEL BANANO (*Musa acuminata*) DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH.

2. INTRODUCCIÓN

El cultivo y exportación del banano Cavendish es una de las actividades económicas agrícolas más tradicionales en Colombia. Originalmente establecidas en el departamento del Magdalena esta cadena productiva se extendió y fortaleció en la región del Urabá Antioqueño en sus eslabones de producción y comercialización de la fruta fresca como los servicios de apoyo pertinentes con destino al mercado internacional (AGURA, 2011). Actualmente se cuenta con tres zonas productoras de banano para exportación que son Urabá, Magdalena y La Guajira (ASBAMA, 2016). Para el año 2017, en la zona del Urabá se sembraron 34.789 Ha y, en el Magdalena y La Guajira (14.518 Ha), las cuales produjeron 98,4 millones de cajas (cajas de 20 kg) que representaron un valor de \$ 850 millones de dólares en exportaciones. Los principales mercados del banano fueron los países miembros de la Unión Europea que participaron con el 69% de las exportaciones, para un total de 67.952.960 de cajas. Es importante tener en cuenta que con el BREXIT el total de cajas exportadas en 2017 a Reino Unido ya no hacen parte de la sumatoria para la UE (AGURA, 2018).

Colombia ha tenido una relativa larga tradición como productora y exportadora neta de banano de exportación tipo Cavendish Valery. La agroindustria bananera se ha desarrollado como una cadena agroexportadora tradicional, generando importantes divisas para el país, manteniendo su posición como exportadora neta, después del café y las flores. (CIFRUEXBAN S.A.S. 2013)

En el Magdalena hay 781 unidades de producción agropecuaria de banano que abarcan 14.076 hectáreas sembradas, de las cuales 12.950 están en producción, según el tercer censo nacional Agropecuario realizado en el 2014 (ASBAMA, 2016).

La producción del banano se rige por un estricto control de tiempos que garantiza que una vez la fruta arribe al consumidor internacional, su estado de madurez sea el óptimo requerido. De ahí el banano de rechazo. Teniendo en cuenta que la producción del banano es muy alta y que no todos cumplen con la óptima calidad para ser exportados, se genera así una gran cantidad de banano de rechazo. Se pretende establecer una alternativa que retarde la maduración de este mismo prolongando así su vida útil. Para esto se plantea la utilización de Cloruro de Calcio (CaCl_2) por inmersión en soluciones de diferentes concentraciones, partiendo de que las aplicaciones del calcio en postcosecha mantienen la turgencia celular, firmeza de los tejidos y el retardo del catabolismo de lípidos de membrana y como consecuencia se extiende la vida de almacenamiento (Ciccarese *et al.*, 2013), por lo tanto es útil para mantener la firmeza, de igual manera reduce la incidencia en enfermedades por patógenos y para prevenir el desarrollo de trastornos fisiológicos lo que es relevante para la comercialización debido a su impacto económico y la creciente demanda de consumo.

3. JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país que se destaca por su gran potencial agricultor y por la variedad de productos que genera debido a las ventajosas condiciones geográficas que posee, siendo un gran ejemplo de ello la producción del banano destacándose como una de las más importantes y amplias. El banano está sometido a grandes estándares de calidad, para cumplir con las normas exigidas por los países importadores, donde se tiene en cuenta su estado de madurez adecuado, cicatrices de maltrato y manchas que pueda tener. Cuando no se cumple con las expectativas de la demanda de exportación, el momento del corte de los racimos es superado y estos no pueden ser utilizados para futuras exportaciones, se le denomina boleja y se estima que puede llegar a más de un 10% de la producción anual (Afanador, 2005).

El volumen estimado del banano de rechazo generado en las zonas de Urabá, Magdalena y La Guajira fue cerca de 300.000 toneladas para el año 2015 (Portafolio, 2016). En el año de 2017 la producción de banano en Colombia fue de 2.069.593 toneladas, 88,40% destinado para exportación y el 11,60% restante para consumo nacional (AGURA, 2018).

“Adicionalmente, es evidente que, desde el inicio del problema causado por el banano de rechazo, se han desarrollado diversas soluciones. Es así como la fruta que no cumple con las exigencias de calidad se destina esencialmente a abastecer la demanda nacional; en otros casos es una fuente importante de materia orgánica (compost) o alimento para ganado” (SENA, 2003). “En este sentido se destaca la solución promovida por Banatura, que ha liderado proyectos de producción de bioabono a partir del banano y vástago en algunas fincas bananeras, actividad establecida con propósitos sociales, económicos y ambientales como la generación de empleo, fortalecimiento del tejido social y mejoramiento del ambiente” (Londoño, 2002). “Así mismo, han existido estudios para el desarrollo de soluciones al problema ambiental desde el proceso (producción más limpia y ecoeficiencia), encaminadas a disminuir el volumen de rechazo” (Olarte & Melida, 1991; Pasberg-Gauhl, 2002).

Teniendo en cuenta la producción de esta fruta y todas las soluciones propuestas para la utilización del banano de rechazo, se hace necesario utilizar estrategias apropiadas que permitan que estos bananos que no puedan ser exportados sean utilizados para consumo a nivel nacional. Entre estas estrategias se encuentran el uso de permanganato de potasio (KMnO_4) como absorbente de etileno (Balaguera-López et al., 2014) y cloruro de calcio (CaCl_2) (Rincón & Martínez, 2015, pág. 13) para mantener la firmeza de frutas y hortalizas, entre otras propiedades. Aunque los retardantes naturales como el CaCl_2 tienden a ser menos efectivos que los químicos (KMnO_4 , entre otros), la eficacia de estos últimos depende del material absorbente, empaque del producto y de las condiciones de almacenamiento (humedad relativa y temperatura) (Bal & Celik, 2010), mientras que el uso de CaCl_2 en frutas y hortalizas permite mantener la firmeza, reducir la incidencia en enfermedades por patógenos y prevenir el desarrollo de trastornos fisiológicos, esto conlleva a preservar la calidad de las frutas y hortalizas, factor de gran importancia en el proceso de la comercialización, favoreciendo a productores y comercializadores que no cuentan con la maquinaria y equipos necesarios para alcanzar los estándares de calidad exigidos por los países importadores, además que se puede ofertar a los consumidores productos con valor agregado en contenido de calcio, teniendo en cuenta, que este, cumple funciones esenciales en el organismo del ser humano (Rincón & Martínez, 2015, pág. 22). Con la ejecución de este proyecto se espera que el uso de CaCl_2 sea una alternativa para la conservación del banano (*Musa acuminata*) de rechazo variedad Cavendish pueda aumentar su vida de anaquel y por ende mantener sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas que permitan tener un producto de calidad para el consumo humano. Además, los resultados de esta investigación contribuirán a la ampliación del conocimiento en la línea de investigación “Fisiología y manejo postcosecha de productos vegetales y perecederos” de la Universidad Popular del Cesar, ya que son escasos los estudios que abordan el uso de cloruro de calcio (CaCl_2) como retardante de la madurez.

4. OBJETIVOS

4.1.OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar la influencia del cloruro de calcio (CaCl_2) sobre la vida útil del banano (*Musa acuminada*) de rechazo variedad Cavendish.

4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el efecto del cloruro de calcio (CaCl_2) en la intensidad respiratoria del banano de rechazo variedad Cavendish.
- ✓ Evaluar las propiedades fisicoquímicas del banano de rechazo variedad Cavendish tratado con cloruro de calcio (CaCl_2).
- ✓ Analizar la calidad microbiológica y sensorial del banano de rechazo variedad Cavendish en estado de madurez organoléptica.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

5.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El sector bananero generó en el 2017 el 1,5% del PIB agrícola. Los núcleos productivos de banano se encuentran ubicados en los departamentos de Antioquia, Magdalena, Valle del Cauca, la Guajira, Cundinamarca, Quindío, Tolima, Chocó y Huila (Ministerio de Agricultura, 2018). La producción nacional de banano del año 2017 fue de 2.069.593 toneladas de las cuales 1.829.681 ton (88,40%) fueron destinadas a exportación quedando 239.912 toneladas (11,60 %) para consumo nacional (AGURA, 2018). El banano destinado a consumo nacional muchas veces no llega con la calidad requerida por el consumidor, debido a las condiciones de manejo y transporte, por los que estas actividades no son lo suficientemente eficientes e impiden el máximo aprovechamiento de este valioso material (Guevara-Bravo, Acevedo-Ruíz, & Peláez-Jaramillo, 2016).

En un estudio de la Universidad de Manizales en el año 2013 sobre la generación de residuos orgánicos procedentes de la comercialización de frutas en la Central Mayorista de Antioquia (CMA) se identificó que los volúmenes más altos de desperdicios se dieron en el mango y el banano con valores del 7 y 5%, respectivamente. Estos desperdicios se generaron debido a problemas fisiológicos y de manejo tales como la incorrecta manipulación en las labores de cargue y descargue; lo que implica el magullamiento de la fruta y aceleramiento de su maduración, el aumento de temperatura ocasionando el deterioro de la fruta y la carencia de infraestructura para su almacenamiento a las condiciones de temperatura y humedad requeridas (Martínez & Quintero, 2017).

Teniendo en cuenta los problemas de manejo y fisiológicos que tiene la fruta los cuales contribuyen a disminuir la vida útil de la misma y dificultan la comercialización del producto en una calidad óptima, se han investigado diferentes formas y maneras que logren prolongar la vida de anaquel del fruto y ofrecer una mejor calidad del producto hasta llegar al

consumidor final, entre las cuales están el uso de recubrimientos comestibles a base de quitosano (Suseno *et al.*, 2014), inmersión en soluciones de CaCl_2 (Gol & Ramana, 2011; Bico *et al.*, 2010), absorbedores de etileno (Balaguera-López *et al.*, 2014), entre otras. Entre las diversas técnicas, está el uso de cloruro de calcio (CaCl_2), que es una opción para retardar la madurez del banano antes del almacenamiento. Dicho tratamiento ha demostrado resultados promisorios en frutas como el mango variedad Tommy Atkins y Van Dyke (Galvis & Hernandez, 1994; Galvis, Arjona, & Fischer, 2003), y la manzana (Hussain, Meena, Dar, & Wani, 2012), disminuyendo el ablandamiento y la incidencia de daños en estos frutos (Rincón & Martínez, 2015).

Por lo anteriormente expuesto, surgió la siguiente pregunta de investigación:

¿Será posible evaluar la influencia del cloruro de calcio (CaCl_2) como retardante en la maduración del banano (*Musa acuminata*) Cavendish de rechazo, logrando así aumentar el tiempo de vida útil y mantener sus condiciones hasta el consumidor final?

6. MARCO TEÓRICO

6.1. ANTECEDENTES

Leyva-López et al. (2011) en su investigación “**Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol) fresca cortada**” se evaluó el efecto de sales de calcio en papaya fresca cortada sobre la calidad física, química, microbiológica y sensorial. Cubos de papaya, variedad Maradol (2 cm de arista) fueron tratados con lactato y cloruro de calcio al 1,0 y 3,0 %, bajo condiciones de inmersión por 2 min a 40 °C. En comparación con los frutos testigo, los tratamientos a base de calcio demostraron mejorar la firmeza, principalmente los frutos tratados con cloruro de calcio al 3,0 %. Por otra parte, la calidad nutracéutica (fenólicos totales) no se vio afectada por el uso de sales de calcio, mientras que las evaluaciones microbiológicas demuestran condiciones de inocuidad conforme a normatividad.

Galvis & Hernandez (1994) en su investigación “**Influencia del cloruro de calcio en la conservación del mango (*Mangifera indica* L.) variedad Tommy Atkins**” en la cual se empleó en la conservación del mango variedad Tommy Atkins un retardante de maduración, el cloruro de calcio (CaCl_2) a baja temperatura (10°C), con 90% de humedad relativa (H. R.), encontrándose que la inmersión de la fruta en una solución de concentración del 15% de CaCl_2 permite su conservación por un espacio de 38 días con un buen comportamiento de las características fisicoquímicas de °Brix, acidez y pH del producto y alcanzado su completa madurez fisiológica.

Ramírez et al. (2005) en su investigación “**Maduración postcosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada con CaCl_2 en tres temperaturas de almacenamiento**” se tuvo como la finalidad la comprobación del efecto retardante del calcio en la maduración de los frutos de feijoa (*Acca sellowiana* Berg, cultivar Quimba). Para eso se realizó un estudio sobre la aplicación postcosecha, mediante inmersiones de tres soluciones distintas de cloruro de

calcio (5%, 10% y 15%) y un testigo. La aplicación de CaCl_2 prolongó la vida de almacenamiento de los frutos, ya que los tratamientos permitieron a los frutos soportar las condiciones de almacenamiento. Se observó un efecto importante en la disminución de las pérdidas de peso; los frutos tratados con el porcentaje de calcio más alto (15%) presentaron las menores pérdidas de peso en cada temperatura. En las feijonas almacenadas a temperatura ambiente (18°C), se observó que la incidencia de enfermedades fue más menor en los frutos tratados con CaCl_2 . La velocidad de pérdida de la firmeza de los frutos también se vio disminuida por la adición de calcio. Con relación a las propiedades químicas de los frutos, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con cloruro de calcio para cada temperatura de almacenamiento; las feijonas tratadas con CaCl_2 presentaron niveles superiores de sólidos solubles totales, a pesar de no ser significativos estadísticamente.

Galvis et al. (2003) en la investigación “**Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2), en mango variedad Van Dyke**”. Se cosecharon mangos de la variedad Van Dyke en su estado de madurez fisiológica. Los frutos se seleccionaron por su sanidad y grado de madurez, y se llevaron al laboratorio de postcosecha de la Planta Piloto de Vegetales del ICTA de la Universidad Nacional, sede Bogotá, donde fueron lavados y desinfectados. Posteriormente se sumergieron en soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2) en concentraciones de 0, 10, 15 y 20% (P/V) a temperatura ambiente. Luego, los frutos se almacenaron a una temperatura de 12°C y HR de 85 a 90%, por 10, 20 y 30 días, con maduración complementaria de cinco días a 18°C y 70% de HR. El tratamiento con CaCl_2 al 10% prolongó la vida útil del fruto, respecto de otros tratamientos y del testigo, y permitió la maduración de los frutos luego del período de almacenamiento. Concentraciones de CaCl_2 del 15 y del 20% resultaron perjudiciales en la conservación del mango porque impidieron la maduración luego del almacenamiento. Se pudo establecer una correlación directa entre el contenido de calcio en el exocarpio y el contenido de calcio en el mesocarpio de la fruta. Esta relación resultó ser de tipo lineal. Las pérdidas de peso fueron inversamente proporcionales al contenido de calcio en la pulpa. Finalmente, se encontró que la combinación de la temperatura óptima de almacenamiento (12°C) y el tratamiento de CaCl_2 en concentración

adecuada (10%) permite prolongar la vida útil del mango variedad Van Dyke, puesto que retrasa la maduración de los frutos.

Trujillo et al. (2011) en su investigación “**Retardo de la maduración organoléptica del tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Milano a partir de métodos combinados**” buscaron determinar una tecnología que permita lograr, una vez cosechado el tomate en estado pintón, ralentizar el proceso de maduración, sin dañar sus características fisicoquímicas. Para ello se utilizaron frutos de tomate cv. Milano, desinfectados y posteriormente sometidos por inmersión, en solución de un retardante de maduración en concentración de 500 ppm en combinación del cloruro de calcio al 1% en condiciones de vacío, empleándose la ingeniería de matrices (40 mbr). Posteriormente fue aplicado, tanto en el tomate tratado como sin tratar, una película de alginato de sodio 1%. Una vez aplicado el recubrimiento, los tomates se secaron a temperatura ambiente (20°C) por un tiempo aproximado de media hora, se empacaron (180gr aproximado) en bolsas de polietileno de alta densidad y envases de tarrina con perforaciones (diámetro de orificio: 2mm) y sin perforaciones. Se almacenaron a temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ y 70% humedad relativa por un tiempo de 21 días.

García et al. (2012) en su investigación “**Conservación del fruto de banano bocadillo (*Musa AA Simmonds*) con la aplicación de permanganato de potasio (KMnO_4)**” se evaluó el efecto del KMnO_4 en la conservación de frutos de banano bocadillo, para lo cual se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de $3 \times 3 + 1$, donde los bloques correspondieron a los tipos de arcillas (montmorillonita, caolinita, vermiculita y zeolita), el primer factor consistió en las dosis de KMnO_4 (0,5%; 1,0% y 1,5% con base en el peso fresco de los frutos) y el segundo factor fueron las dosis de arcilla (0,5%; 1,0% y 1,5%) usada como *carrier* del KMnO_4 , más un testigo absoluto, los frutos fueron almacenados durante 16 días a temperatura ambiente y periódicamente se midió el índice de color (IC), sólidos solubles totales (SST), pérdida de peso, firmeza, acidez total titulable (ATT) y relación de madurez (RM). Los resultados obtenidos muestran que la mezcla de 1%

de arcilla + 1,5% de KMnO_4 favoreció la conservación de bananito, debido a que presentó menor IC (-0,64); menores SST (12,08 °Brix), mayor firmeza (70,65 N) y menor RM (83,67). Por lo tanto, existe un efecto favorable en la conservación de los frutos de bananito cuando el KMnO_4 se encuentra en mayor proporción con respecto a su *carrier*.

Bico et al. (2010) en su investigación “**Chemical dips and edible coatings to retard softening and browning of fresh-cut banana**” se evaluó el efecto del uso de inmersiones químicas y recubrimientos comestibles en la firmeza y color de rodajas de banana (*Musa acuminata* Colla, cv. Cavendish) frescas. Primero, se investigó el efecto del cloruro de calcio y lactato de sodio en la firmeza de las rodajas de banana durante cuatro días de almacenamiento a 5 °C. La firmeza y el color fueron evaluadas después de tres minutos de inmersión en las soluciones de sales de calcio o después de la inmersión seguida del recubrimiento y lo cual se hizo durante cinco días a 5 °C. Los recubrimientos evaluados provenían de soluciones de pectina, alginato, carboximetil celulosa, carrageno y quitosano. La solución de inmersión con 1% (p/v) de Cloruro de calcio, 0.50% (p/v) de ácido ascórbico y 0.75% (p/v) de cisteína fue el tratamiento más eficiente retardar el ablandamiento y el oscurecimiento de las rodajas de banana. Esta solución también inhibió el crecimiento de levaduras

Gol & Ramana (2011) en su investigación “**Banana Fruit Ripening as Influenced by Edible ± Coatings**” se evaluó el efecto de diferentes recubrimientos comestibles en la pérdida de peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, vida útil, entre otras propiedades de bananas. Los tratamientos fueron soluciones de quitosano (1 y 1.5%), cloruro de calcio (1 y 1.5%), quitosano (1%) con ácido giberélico (100 ppm), quitosano (1.5%) con ácido giberélico (100 ppm), cera de jojoba y glicerol (98%), las bananas recubiertas con estas soluciones fueron almacenadas a 34 ± 1 °C y una humedad de relativa de 70-75%, mientras que las bananas no recubiertas sirvieron como control. Los recubrimientos de quitosano, quitosano con ácido giberélico, y cera de jojoba retardaron los cambios en pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, acumulación de azúcares, degradación de pigmentos y contenido de ácido ascórbico en comparación con los no recubiertos. Los

recubrimientos de glicerol y cloruro de calcio no presentaron influencia sobre la vida útil del fruto del banano.

Dovel et al. (2017) en su investigación “**Optimization of Hot Water Temperature Dipping and Calcium Chloride Treatment to the Selected Physico-Chemical Parameters of Keitt Mango and Cavendish Banana Fruits**” se buscó la optimización del tratamiento de concentración de agua caliente y cloruro de calcio para mejorar el manejo postcosecha del mango Keitt y bananos Cavendish, los frutos fueron de tamaño uniforme y en una etapa de madurez verde amarillenta, se utilizaron 12 ensayos, usando la temperatura del agua caliente (50 ° C - 60 ° C) y la concentración de cloruro de calcio (2% - 4%) con 3 réplicas por tratamiento, se mantuvo 5 minutos en cada tratamiento (agua caliente- cloruro de calcio), se mantuvo siempre la temperatura de la solución de cloruro en 40°C y variando la del agua caliente, se almacenaron las muestras a 7°C por 48 horas para las pruebas. Las condiciones óptimas del proceso se estabilizaron con la función deseable y para ambos cultivos, se obtuvieron a 55 ° C de inmersión en temperatura de agua caliente y 3% de concentración de cloruro de calcio, mostrando que la temperatura del agua caliente y la concentración de cloruro de calcio influyeron positivamente en el color de los mangos Keitt b *, el pH y la acidez titulable, así como la firmeza de los plátanos Cavendish, el contenido de cenizas y vitamina C.

Sahay et al. En su investigación **Effect Of The Post-Harvest Application Of Chemical Products And Different Packaging Materials On The Shelf Life Of Banana (Musa spp) cv Robusta** para retrasar la maduración y extender la vida útil del banano se realizaron con doce combinaciones de tratamientos de CaCl₂ (2% o 4%), bolsa de polietileno, hojas secas de plátano, periódico, CaCl₂ (2%) + bolsa de polietileno, CaCl₂ (4%) + bolsa de polietileno, CaCl₂ (2%) + hojas secas de plátano, CaCl₂ (4%) + hojas secas de plátano, CaCl₂ (2%) + periódico, CaCl₂ (4%) + periódico y el control, con tres replicadas tres veces con un diseño completamente al azar, la temperatura máxima osciló entre 27,4 y 32,4 ° C y temperatura mínima varió de 9.5 a 16.8 ° C mientras que, la humedad relativa varió del 25.0 al 88.0%

durante el período. CaCl₂ (4%) y CaCl₂ (2%) en combinación con bolsa de polietileno fueron el tratamiento más potente para mejorar período de almacenamiento y mantenimiento de las características fisicoquímicas de cv Robusta de banano mientras que como CaCl₂ (4%) + La bolsa de polietileno redujo muy eficazmente la pérdida fisiológica de peso (PLW), así como la máxima retención de bioquímicos constituyen como sólidos solubles totales, acidez titulable y azúcares reductores y el porcentaje de maduración con una mayor vida útil de hasta 16 días de almacenamiento, los niveles de reducción de azúcar aumentaron gradualmente, independientemente de los tratamientos.

6.2. MARCO REFERENCIAL

6.2.1. Generalidades del banano Cavendish.

Los bananos son frutos originarios del sudeste asiático; este producto agrícola se cultiva en la mayoría de las regiones con trópico, el crecimiento de su consumo se ha podido extender alrededor del mundo, es un fruto esencial, hace parte de la canasta básica de un gran número de familias en el mundo, por consiguiente de impacto en muchas economías a nivel global, especialmente en países del trópico en vía de desarrollo (Gaviria, 2016). El banano más popular es la variedad conocida como Cavendish, que se produce para los mercados de exportación (Thompson, 2011). Se cultivan bananos en más de 130 países, los cuales tuvieron en el 2016 una producción de 113 millones de toneladas. El cultivo de los bananos para el consumo local, por lo general, se cultiva en sistemas extensivos tradicionales (FAO, 2016).

Los bananos de la variedad Cavendish Valery, son cultivos permanentes que en la industria bananera se da su remplazo a través de meristemas, retoños o hijos de sucesión que se desarrollan en la parte del cormo de la planta y que finaliza su ciclo al ser cosechado su racimo (Sierra, 1993). Colombia ha tenido una relativa larga tradición como productora y exportadora de banano tipo Cavendish Valery. Existen dos tipos de este producto: banano de

exportación y banano criollo o de consumo interno. El primero se cultiva principalmente en Urabá y al norte del departamento del Magdalena (AGURA, 2018). El 20% de la producción mundial de banano se destina al comercio mundial, hecho que lo convierte junto con las manzanas, las uvas y los cítricos, en el conjunto más importante de productos frutícolas comercializados en el mundo.

6.2.2. Índices de cosecha en el banano

El principal índice de cosecha que se utiliza en las plantaciones es el grado de llenado de los dedos o desaparición de la angularidad en su sección transversal (Thompson, 2011). Los bananos se cosechan en estado verde-maduro (piel completamente verde pero fisiológicamente maduros) y posteriormente se les aplica el tratamiento para inducir la maduración de consumo debido a que las frutas maduras en la planta a menudo presentan exceso de madurez y baja calidad organoléptica. Es importante que la madurez fisiológica se haya alcanzado en la fruta, ya que entre más maduro fisiológicamente mejor calidad tendrá el banano cuando adquiere la madurez de consumo (Wills *et al.*, 1998, pág 280).

Durante la maduración, los frutos sufren una sucesión de importantes procesos bioquímicos y fisiológicos que conducen a cambios en el contenido de azúcares, acidez, color, textura y aroma que son vitales en la calidad sensorial de la fruta, y que la hacen óptima para el consumo (Tripathi *et al.*, 2016). La maduración puede dividirse en dos etapas: la madurez fisiológica y la madurez organoléptica; cada una con características propias (CEIBA, 2000, pág 28).

La madurez fisiológica se refiere a la etapa de desarrollo del banano en la que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. La fruta está completamente madura. En cambio, se considera que adquiere madurez organoléptica, cuando el fruto alcanza su máximo sabor y aroma haciéndolo apto para el consumo. Para que lo logre debe ser cosechado a partir de su madurez fisiológica (CEIBA, 2000, pág 30). A esta etapa le sigue la senescencia que es considerada como la etapa catalítica o de envejecimiento de la fruta (ver figura 1).

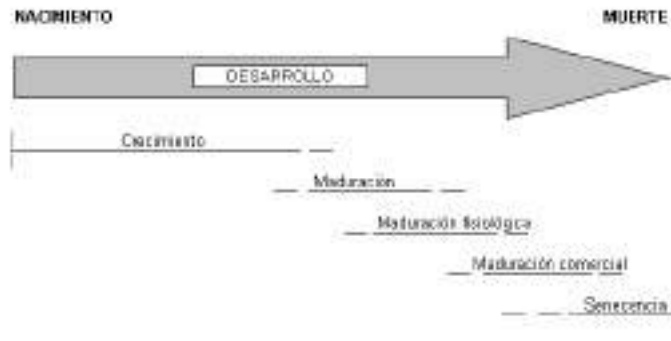


Figura 1. Etapas durante el desarrollo de las frutas.

Fuente: Demerutis

6.2.3. La maduración del banano

El proceso de maduración del banano se caracteriza por una secuencia de cambios físicos, químicos y metabólicos que permiten al fruto alcanzar sus atributos sensoriales (forma, color, sabor, aroma y textura) (Tripathi *et al.*, 2016).

El desarrollo del proceso de maduración depende de un delicado y complejo equilibrio entre hormonas inductoras de la maduración (etileno) e inhibidoras (auxinas, citosinas y giberelinas que regulan los mecanismos bioquímicos (Wills & Golding, 2016, pág 39).

La maduración del banano está marcada por el aumento de las tasas de producción de etileno y CO₂ (ver Figura 2) y por la conversión de cantidades relativamente grandes de carbono en forma de almidón en sustancias que alteran la percepción del sabor de la fruta (Thompson, 2011).

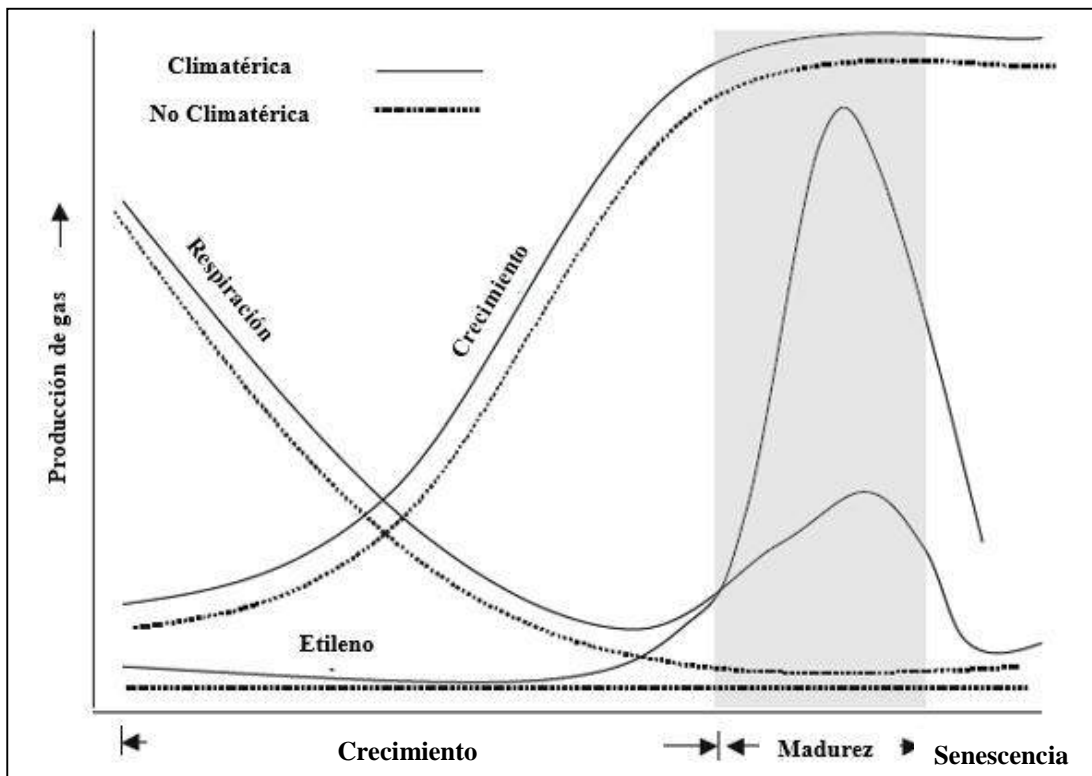


Figura 2. Patrones de respiración, crecimiento y producción de etileno de las plantas climatéricas y no climatéricas. Fuente: Wills & Golding, 2016, pág 36

6.2.4. La Respiración.

La respiración es un proceso metabólico fundamental tanto en el banano recolectado como en el vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células; como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua con la consiguiente liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas para las reacciones sintéticas celulares (Thompson, 2011, pág 221; Wills & Golding, 2016, pág 37).

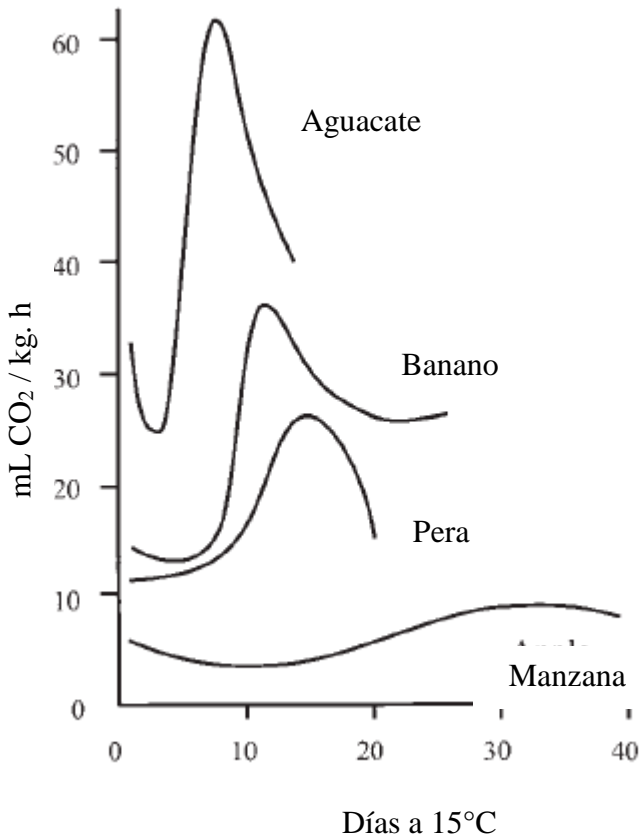


Figura 3. Patrón de respiración de algunas frutas cosechadas.

Fuente: Wills & Golding, 2016, pág 38

La velocidad a la que transcurre la respiración de un producto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una guía útil de su vida comercial. La actividad respiratoria es más alta en las fases previas de la maduración y declina luego con la edad (ver Figura 3).

El banano muestra una variante del esquema descrito, en cuanto a que la actividad respiratoria aumenta de un modo muy acusado durante la maduración organoléptica. La intensidad respiratoria del banano depende de su grado de desarrollo y se mide con la cantidad de CO₂ (miligramos) que desprende un kilogramo de fruta en una hora o la cantidad de O₂ consumido.

Tabla 1. Tasa de respiración del banano a diferentes temperaturas

Temperatura	13°C	15°C	18°C	20 °C
ml CO₂/ kg. H	10 – 30	12 – 40	15 - 60	20 – 70

Fuente: Kader(1996)

6.2.5. Cambios de sabor

Durante la maduración el almidón que comprende aproximadamente el 80% del peso seco de la fruta se convierte en sacarosa, glucosa y fructosa. Una fracción mucho más pequeña se convierte en compuestos aromáticos, principalmente los esteres, que representan una diminuta fracción de la reserva de carbono (Wills & Golding, 2016).

En el banano durante la maduración, el contenido de almidón decrece desde 15 - 25% (dependiendo de la variedad) al 0 – 5% en el fruto maduro, mientras que el contenido de azúcares aumenta del 1% al 20 – 21% (ver Figura 4) (Biale & Young, 1981).

6.2.6. Cambios de aroma

Durante la maduración se producen ciertos compuestos volátiles que son los que proporcionan a cada fruta su aroma. Los compuestos volátiles más comúnmente sintetizados durante la maduración de frutos son los esteres de alcoholes alifáticos y ácidos grasos de cadena corta (Wills & Golding, 2016, pág 45).

La producción de esteres responsables por el aroma del banano empieza inmediatamente a ocurrir en el pico de la actividad respiratoria y aumenta a medida que la demanda de energía requerida para convertir el almidón en azúcares sea próxima a cero (Demerutis, 1996).

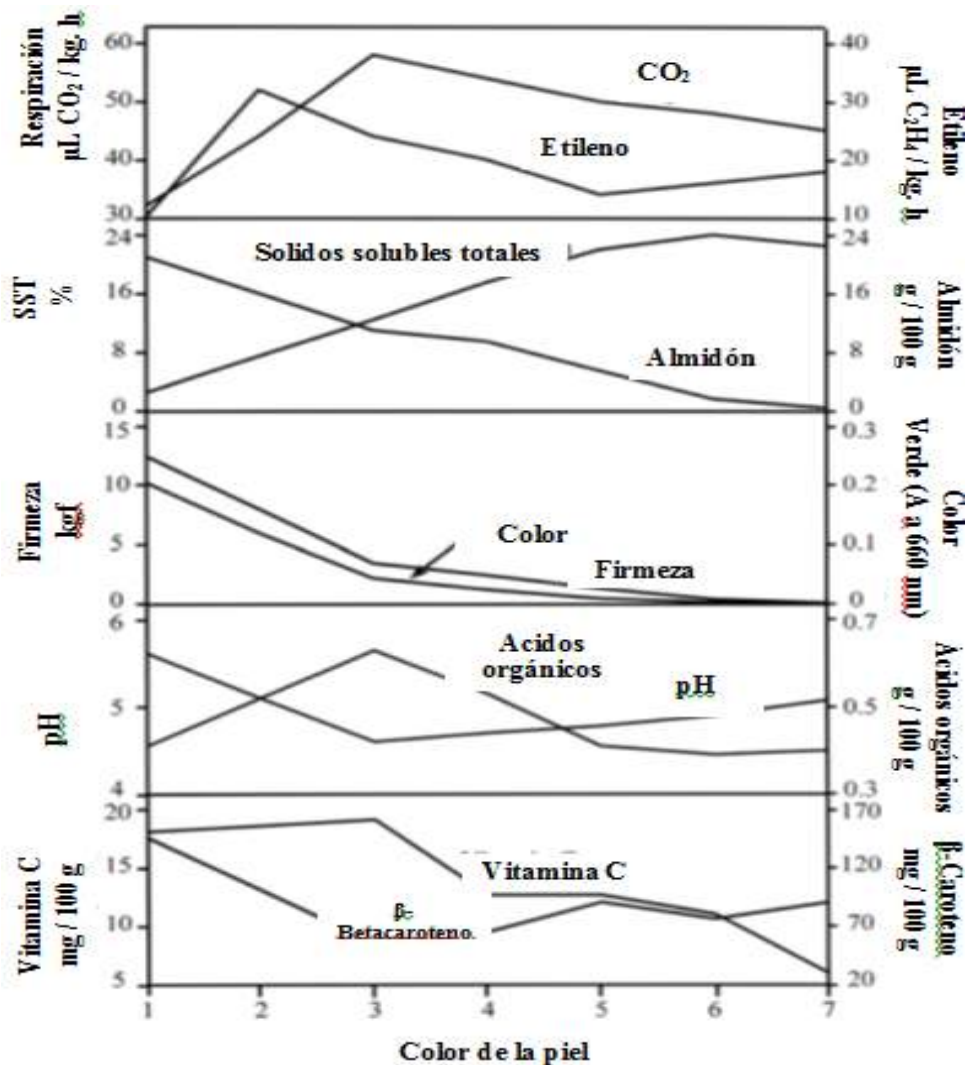


Figura 4. Cambios fisicoquímicos durante la maduración del banano variedad Cavendish.

Fuente: Wills & Golding, 2016, pág 46

6.2.7. Cambios de textura

La transformación casi total del almidón en azúcares tiene doble efecto al alterar tanto el gusto como la textura del producto. La degradación de los carbohidratos poliméricos, especialmente la de las sustancias pécticas y hemicelulosa, debilita las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas a las otras. En las etapas iniciales

mejora la textura, pero finalmente las estructuras vegetales se desintegran (Wills & Golding, 2016, pág 44).

En los bananos la solubilización de sustancias pécticas tiene un gran interés tecnológico al ser responsable del ablandamiento de la pulpa. Estas sustancias pécticas están localizadas en la pared celular y laminilla media, actuando como material de cimentación de la estructura de los tejidos (Thompson, 2011, pág 222).

6.2.8 Cambios en el color

La maduración del banano va ligada a una variación de color de verde a amarillo; la primera señal del inicio de la maduración es la desaparición del color verde, producido por la degradación de la clorofila. Causas primordiales de esa degradación son los cambios de pH principalmente como consecuencia de la fuga de ácidos orgánicos al exterior de las vacuolas, el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de las clorofilas (Wills & Golding, 2016, pág 42; Thompson, 2011, pág 221) En el banano el color de la piel constituye una guía valiosa con respecto a la madurez comercial (Gol & Ramana, 2011).

6.2.9. Banano de rechazo

El banano de exportación se somete a un proceso de control de calidad intensivo, para que llegue a su destino en el estado de madurez acertado y libre de manchas, suciedades y cicatrices de maltrato. De acuerdo con la causa de rechazo, la fruta se clasifica en boleja, rechazo en empacadora y rechazo en puerto (Afanador, 2005, pág 52).

Cuando las expectativas de demanda de banano de exportación no se cumplen en el tiempo estipulado, el momento de corte de los racimos se supera y no permite que sean aprovechados para exportaciones futuras. Esta fruta queda disponible en los campos y es la denominada boleja, la cual se estima entre un 5% y 10% de la producción de exportación anual (Afanador, 2005)

En la etapa de selección y empaque, se presentan rechazos en las operaciones de desgaje y descargue. En la primera se inspeccionan las dimensiones de la fruta, y en la segunda, las condiciones de la cáscara. De este modo, el rechazo de empacadora resulta de la exigencia de calidad estipulada por las comercializadoras de banano. Este rechazo se estima entre un 15% y 20% del total de la producción de exportación anual (Afanador, 2005)

La producción de banano se rige por un estricto control de tiempos que garantiza que, una vez la fruta arribe al consumidor internacional, su estado de madurez sea el óptimo requerido. Para cumplir esas exigencias, la fruta sale del puerto colombiano en estado verde y en condiciones controladas de maduración. De ahí que el banano de rechazo disponible en Urabá se encuentra en ese estado de madurez (Afanador, 2005, pág 53).

El volumen estimado del banano de rechazo generado en las zonas de Urabá, Magdalena y La Guajira fue cerca de 300.000 toneladas para el año 2015 (H, 2016). Considerando que en 2015, la cantidad de banano exportado fue de 1.882.000 toneladas (AGURA, 2018), el estimativo del volumen de rechazo equivale a un 13,74 %, aproximadamente.

Adicionalmente, es evidente que, desde el inicio del problema causado por el banano de rechazo, se han desarrollado diversas soluciones. Es así como «la fruta que no cumple con las exigencias de calidad se destina esencialmente a abastecer la demanda nacional; en otros casos es una fuente importante de materia orgánica (compost) o alimento para ganado» (SENA, 2003). En este sentido se destaca una de las soluciones promovida por Banatura, que ha liderado proyectos de producción de bioabono a partir del banano y vástago en algunas fincas bananeras, actividad establecida con propósitos sociales, económicos y ambientales como la generación de empleo, fortalecimiento del tejido social y mejoramiento del ambiente (Londoño, 2002).

6.2.10. Composición química.

El banano contiene muchos nutrientes como minerales (potasio, principalmente), fibra, vitaminas A, B y C (Suseno *et al.*, 2014). Debido a su alto contenido de potasio, el consumo

de banano ayuda a mantener normal la presión sanguínea y también, ayuda en el buen funcionamiento del corazón (Thompson, 2011). En este sentido, Wall (2006) encontró que el banano tiene mayor contenido de luteína que de provitamina A, pigmentos y β -caroteno. También, estos autores demostraron que diferentes variedades de bananos presentaban distintas concentraciones de nutrientes. Entre las variedades estudiadas, el banano manzano Hawaï presentó mayor contenido de vitamina C (12,7 mg/100 g) que Williams (4,5 mg/ 100 g) y que los bananos manzano tuvieron un contenido promedio de β -caroteno y α -caroteno de 96,9 y 104,9 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectivamente, mientras que para la variedad Williams fueron de 55,7 y 84,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectivamente. También, el banano manzano tiene mayor contenido de minerales (P, Ca, Mg, Mn y Zn) que el banano Williams.

Por otro lado, Iizuka (1985) realizó análisis a la pulpa y cáscara de bananos verdes producidos en Mindanao (Filipinas) y encontraron que la primera contiene alrededor de 20% de almidón y la segunda 3,6% en base húmeda (ver

Tabla 2). Por su parte, Sharrock & Lusty (2000) encontraron que los niveles de almidón en banano verde son del orden del 20%, y van disminuyendo hasta 1%-2% en banano completamente maduro, al mismo tiempo los azúcares solubles aumentan de 1% a 20%. En este caso la fuente no especificó la correspondencia de estos valores con el objeto, bien sea pulpa, cáscara o ambas; no obstante, a partir de los datos de la tabla 1, se presume que los análisis se hicieron sobre la pulpa.

Si bien el primer indicio sobre los datos de Iizuka y Sharrock & Lusty (2000) es que su confiabilidad es baja por la ausencia de especificidad de la variedad del banano utilizada en los análisis de caracterización química, los datos son una fuente de comparación con los valores reportados para esta fruta.

Tabla 2. Análisis de banano verde: pulpa y cáscara (%base húmeda)

	Pulpa	Cáscara	Banano sin pelar
Proporción en peso	57,0	43,0	-
Humedad	73,3	91,0	81,0
Azúcares reductores	0,16	0,24	0,19
Sacarosa	2,1	2,0	2,06
Polisacáridos fácilmente hidrolizables	26,6	6,64	17,9
Almidón	20,3	3,64	13,1

En efecto, Hincapié (2004) y Montes & Torres (2004) publicaron los resultados de un análisis bromatológico del banano verde de rechazo, cáscara incluida, que se genera en Urabá (ver Tabla 3), los cuales fueron similares a los de Iizuka (1985) (ver

Tabla 2). Los porcentajes para ambas investigaciones son presentados en base seca.

Si se comparan las dos columnas de datos de la Tabla 3, se observa que los valores presentan diferencias despreciables, lo cual otorga confiabilidad a los datos de composición de la fruta y facilitan un acercamiento a la composición química del banano verde de rechazo que se genera en el Urabá antioqueño.

Tabla 3. Análisis bromatológico banana verde Cavendish Valery

	Hincapié (2004)	Montes y Torres (2004)
Humedad	80,90%	78,12%
Materia seca	19,10%	21,88%
Almidón	No disponible	57,45%
Cenizas	5,80%	No disponible
Extracto etéreo	1,73%	No disponible
Proteína bruta	5,87%	4,80%
Fibra cruda	4,20%	No disponible
Extracto libre de nitrógeno	82,40%	No disponible
Fosforo (P)	0,09%	No disponible
Calcio (Ca)	0,14%	0,15%
Potasio (K)	2,31%	2,41%
Sodio (Na)	No disponible	0.05%
Cinc (Zn)	27 ppm	No disponible

6.2.11. El cloruro de calcio como retardante de la maduración en frutas.

Muchos trastornos fisiológicos postcosecha están más asociados con deficiencias de calcio que con cualquier otro mineral. El calcio es un elemento esencial que se une con las sustancias pécticas en la lámina media de la pared celular y con la membrana celular para darle firmeza a la fruta (Wills & Golding, 2016). El uso de calcio en postcosecha mantiene

la turgencia celular, firmeza de los tejidos y el retardo de catabolismo de lípidos de membrana y como consecuencia se extiende la vida de almacenamiento de las frutas frescas en buenas condiciones (Ciccarese, Stellacci, Gentilescio & Rubino, 2013), por lo tanto aplicaciones de calcio a frutas y hortalizas en poscosecha, han sido útiles para mantener la firmeza de los productos hortofrutícolas, de igual manera reduce la incidencia de enfermedades por patógenos y previene el desarrollo de trastornos fisiológicos (Angeletti *et al.*, 2010). Además con el uso del calcio se busca preservar la calidad de los productos frescos, ya que esto es relevante para la comercialización debido a su impacto económico y la creciente demanda de consumo de frutas y verduras, por lo tanto, se ha fomentado la investigación científica para el desarrollo de nuevas tecnologías para la conservación e incrementar la vida útil basados en productos naturales (Soleimani, Hassanpouraghdam, Paliyath & Farmani, 2012).

El calcio juega un papel muy importante en la estabilización de la membrana celular manteniendo la permeabilidad selectiva y la integridad (Marschner, 2011), las sales de calcio cumplen la función de agentes reafirmantes, debido a que los iones de calcio actúan sobre las cadenas de pectina para formar puentes entre éstas, aumentando la fuerza de la pared celular tanto en tomates como en otras frutas y hortalizas (Contreras–Angulo *et al.*, 2011), además han influenciado positivamente en los fosfolípidos de membrana y las concentraciones de monogalactosyldiacylglycerol y para preservar la integridad de la membrana no sólo al posponer cambios en los lípidos de membrana relacionadas con la senescencia, sino también por el aumento de los procesos de reestructuración de membrana (Soleimani *et al.*, 2012).

Los principales métodos reportados para la aplicación de calcio en productos hortofrutícolas fresco, son los tratamientos de inmersión, este método es usado principalmente para los productos frescos perecederos, como hortalizas de hoja verde, el método consiste en la inmersión del producto, la aplicación o no de agitación mecánica, seguido por la eliminación del exceso de solución de lavado, este tratamiento es más suave que el producto de las técnicas de impregnación que pueden causar daños en los tejidos y el estrés metabólico, el proceso de inmersión favorecen la dispersión de la solución en la superficie de la hortaliza,

evitando de esta manera reacciones de oxidación que podrían llevar a cambios de color y generar sabores desagradables en el producto (Martín-Diana *et al.*, 2007). Estas soluciones de sales de calcio aumentan el contenido de calcio considerablemente sin causar daño al fruto, independientemente del tipo de sal y concentración de la misma (Rincón & Martínez, 2015). El tratamiento poscosecha directo de la fruta en soluciones de cloruro de calcio pueden ser aún más eficaces que su aplicación de manera directa en la planta (Ciccarese *et al.*, 2013). Además, tratamientos con calcio pueden ayudar a mantener la textura de los frutos, disminuir la producción de gases (CO₂ y etileno, principalmente), reducir la degradación interna y la podredumbre de los frutos (Wills & Golding, 2016).

Para la conservación de las frutas en estado fresco, se han desarrollado diversos estudios, entre los cuales el empleo de temperaturas de refrigeración y la aplicación de retardantes de maduración, han mostrado resultados satisfactorios en algunos productos. Entre las sales retardantes sobresalen el permanganato de potasio (Balaguera-López *et al.*, 2014; Bal & Celik, 2010; García *et al.*, 2012) y el cloruro de calcio (Rincón & Martínez, 2015; Martín-Diana *et al.*, 2007). Se ha sido utilizado el cloruro de calcio como retardante de la maduración de varias frutas, como mango variedad Tommy Atkins y Van Dyke (Galvis & Hernandez, 1994; Galvis, Arjona, & Fischer, 2003), manzana (Hussain, Meena, Dar, & Wani, 2012), banano (Gol & Ramana, 2011; Bico *et al.*, 2010), papaya (Leyva-López *et al.*, 2011), entre otras.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se realizó es de tipo experimental con un enfoque cuantitativo donde se analizaron los datos obtenidos mediante el uso de la estadística para su interpretación y discusión.

7.1.1. Línea de investigación.

Según la propuesta del programa de ingeniería agroindustrial, la presente investigación está en los lineamientos de **fisiología y tecnología de postcosecha de productos vegetales y perecederos**, por proponer conservar la calidad de los productos del campo, en este caso del banano Cavendish.

7.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Para cada repetición se emplearon 21 frutos, es decir 63 unidades por tratamiento para la medición, lo que equivale a utilizar 252 frutos.

7.2.1. Diseño del tratamiento

El diseño del tratamiento que se desarrolló consistió en las distintas dosificaciones del cloruro según lo propuesto en el diseño experimental (ver Tabla 4).

Tabla 4. Diseño experimental

Tratamiento	Concentración de CaCl₂ (% p/v)	Repeticiones
T ₀ (Testigo)	0	R ₁ ,R ₂ ,R ₃
T ₁	5	R ₁ ,R ₂ ,R ₃
T ₂	10	R ₁ ,R ₂ ,R ₃
T ₃	15	R ₁ ,R ₂ ,R ₃

7.2.2. Análisis Estadístico

Para el análisis de los resultados fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de las distintas formulaciones de los tratamientos y determinar si había diferencias estadísticamente significativas entre un tratamiento y otro se empleó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, se realizó a los 20 días de almacenamiento. Para determinar qué tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas, se utilizó la prueba de Múltiple Rangos por el método de Fisher a un nivel de confianza del 95%.

7.2.3. Modelo Estadístico Asociado al Diseño.

En esta investigación se evaluó la incidencia que tiene un retardante de la maduración de frutas como es el cloruro de calcio (CaCl₂), en las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y vida útil del banano de rechazo variedad Cavendish.

Los datos obtenidos se evaluaron para el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se aplicó la prueba de Fisher (con un nivel de confianza del 95%).

7.3. PROCEDIMIENTO

7.3.1. Efecto del cloruro de calcio (CaCl_2) en la intensidad respiratoria del banano de rechazo variedad Cavendish.

7.3.1.1. Obtención de la muestra.

La fruta del banano variedad Cavendish (35 kg, aproximadamente) se obtuvo en el mercado público de la ciudad de Valledupar en los puntos de venta mayorista de la fruta que proviene de la zona bananera del Magdalena y La Guajira. Como punto de partida se tomaron los bananos en la etapa de madurez 1 (ver Figura 5) estos fueron transportados a la planta piloto de vegetales de la Universidad Popular del Cesar; la fruta se sometió a una selección y clasificación y a un lavado y desinfección para adecuarla a las condiciones de almacenamiento refrigerado (ver Figura 6) y de esta manera tener las condiciones mínimas para la toma de muestra de los análisis.

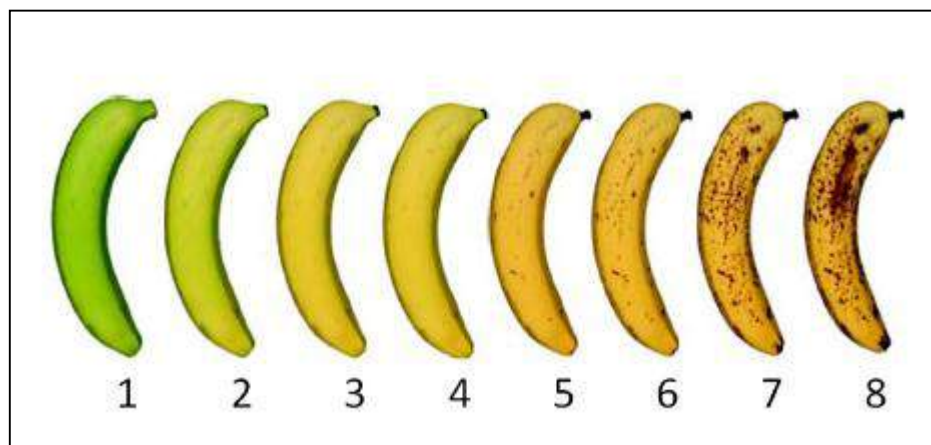


Figura 5. Etapas de la madurez del banano

Fuente: Escalante-Minakata et al. (2013)

7.3.1.2. Dosificación del cloruro de calcio (CaCl_2)

El procedimiento para la inmersión del banano en las soluciones de diferentes concentraciones de cloruro de calcio se realizó según la metodología planteada por Gol & Ramana (2011). La fruta ya lavada fue sumergida en una solución de hipoclorito de sodio (50 ppm) por tres minutos, pasado este tiempo se dejó secar a temperatura ambiente. Después, la fruta se sumergió en las diferentes soluciones de cloruro de calcio de acuerdo al tratamiento, por un tiempo de 50 minutos a temperatura ambiente. Terminado el periodo de inmersión, las frutas fueron secadas a temperatura ambiente por un tiempo de 30 minutos, posteriormente embaladas y almacenadas en el cuarto frío a una temperatura comercial de maduración de $19 \pm 1^\circ\text{C}$, luego se tomaron muestras a los días 0,5, 10,15 y 20 días para de los respectivos análisis (ver Anexo B).

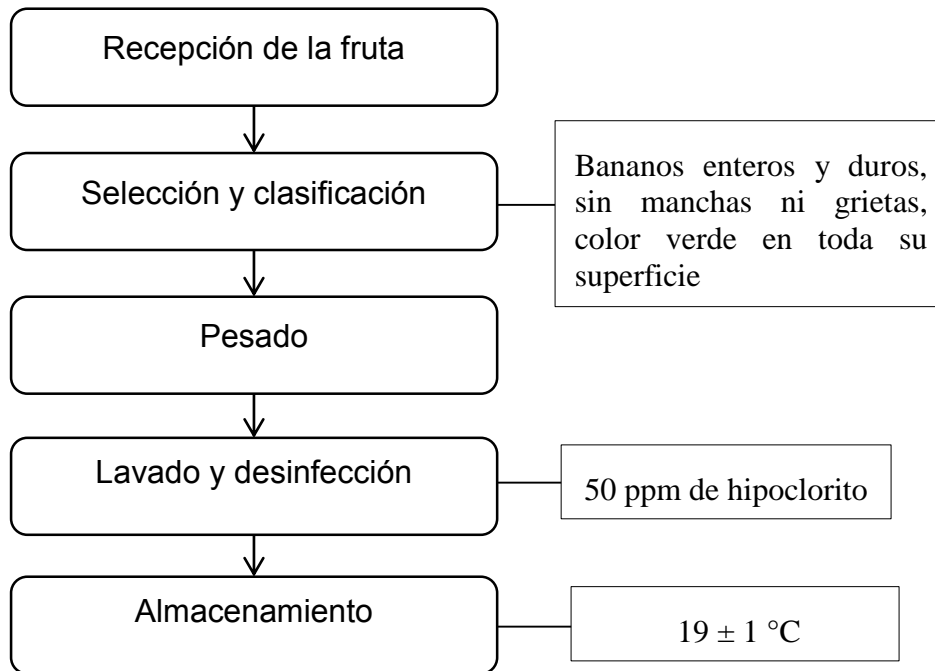


Figura 6. Flujograma de la limpieza y desinfección del banano Cavendish

7.3.1.3. Intensidad respiratoria

La intensidad respiratoria del banano de rechazo variedad Cavendish fue determinada acorde al método descrito por Márquez, Otero & Córtez (2007) expresado como $\text{mg de CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, que se fundamenta en la modificación del método químico de Pettenkoffer, donde se realizó variación con respecto a las trampas utilizadas, se reemplazaron las trampas de NaOH (Salgado & Martínez, 2006), el sistema consistió en introducir los frutos en una cámara de respiración hermética, posteriormente se neutralizó el CO_2 producido por los frutos en una hora, en relación al peso (ver Figura 7). Para la determinación se seleccionaron al azar cinco frutos por tratamiento, se pesaron e introdujeron por una hora en la cámara de respiración cada cinco días de almacenamiento y se utilizó la ecuación 2.



Figura 7. Montaje para la determinación de la intensidad respiratoria

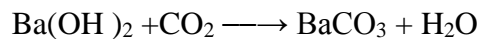
Descripción:

A: Compresor que proporciona la entrada del aire al sistema.

B: Trampa de KOH al 9 %, que funciona como filtro químico, cuya función es permitir el paso del oxígeno (O₂), reteniendo el exceso de dióxido de carbono (CO₂) proveniente de la bomba de aire.

C: Cámara de respiración, es una cámara cilíndrica con una capacidad de 5.000 cm³ y sellada herméticamente; posee dos mangueras una larga que es la de la entrada del oxígeno (O₂), y una corta para la salida de dióxido de carbono (CO₂). La función de esta cámara es permitir el intercambio gaseoso del banano durante el proceso de respiración.

D: Trampas de Ba(OH)₂, permitió que el hidróxido de bario que se encuentra en el interior pueda atrapar el dióxido de carbono producido de la respiración.



Ecuación 1. Reacción del Ba(OH)₂

Cuando se titula el blanco Ba(OH)₂ no ha reaccionado con el CO₂ por lo tanto el volumen de ácido oxálico gastado es igual al volumen de Ba(OH)₂ cuando sus concentraciones son iguales, ya que ambas sustancias poseen igual número de equivalentes. Al titular la muestra con ácido oxálico, parte del Ba(OH)₂ ha reaccionado con el CO₂ forma sal insoluble blanca (carbonato de bario), que hace disminuir el volumen igual al del blanco.

$$\text{Intensidad respiratoria} \left(\frac{\text{mg CO}_2}{\text{kg.h}} \right) = \frac{(V_b - V_m) \times N \times 22 \times 60}{W \times t}$$

Ecuación 2. Intensidad respiratoria

Dónde: V_m es el volumen de ácido oxálico para titular la muestra en mL, V_b es el volumen de ácido oxálico para titular el blanco en mL, N es normalidad del ácido oxálico en meq/L, W es el peso de la muestra en kg, t es el tiempo de barrido en minutos, 60 es el factor de conversión para el tiempo en min/h y 22 es el peso miliequivalente del CO₂ en g/meq.

Estandarización de la solución de Ácido Oxálico 0,1 N

Se secó 2,0000 g de carbonato de sodio (Na_2CO_3) en un horno de secado BINDER ® a 105°C por una hora. Después se dejó enfriar en un desecador por 20 minutos. Se pesó 0,6000 g de carbonato de sodio seco y se adicionaron a un beaker de 250 mL con 100 mL de agua destilada. Esta mezcla se agitó hasta que se logró la disolución total del carbonato de sodio. Después se adicionaron tres gotas de fenolftaleína. Desde una bureta se dejó caer la solución de ácido oxálico sobre la solución de carbonato de sodio hasta la desaparición de la coloración rosa. La normalidad de la solución de ácido oxálico se calculó a partir de la Ecuación 2.

$$N = \frac{m \times 1000}{V \times PE}$$

Ecuación 3. Normalidad del ácido oxálico

Dónde: m (masa de carbonato de sodio en, g), V (volumen gastado de Ácido oxálico en, mL) y PE (Peso equivalente del carbonato de sodio es de 52,99 g/ eq).

7.3.2. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del banano de rechazo variedad Cavendish tratado con cloruro de calcio (CaCl_2).

7.3.2.1. Análisis Fisicoquímicos.

Se tomaron $10,0000 \pm 0,0001$ g de pulpa de banano y se licuaron con 100 ml de agua destilada. El jugo obtenido se utilizó para el análisis de pH y acidez titulable. Las pruebas se realizaron para cada repetición de los tratamientos. Se tomaron y analizaron muestras cada cinco días hasta cuando los resultados de los análisis mostraron que la fruta había llegado a su madurez organoléptica y estuvo próxima a la senescencia.

✓ pH

Se determinaron por el método 10.041/84 de la A.O.A.C usando un pHmetro marca OHAUS modelo STARTER con precisión de 0,01. El pHmetro se calibró con soluciones buffer de 4,00, 7,00 y 10,00 para cada día de pruebas.

✓ Acidez titulable

Para la determinación de la acidez (expresada como ácido málico) presente en los bananos se tomaron 10 ml del jugo, se le adicionaron tres gotas de fenolftaleína y se agitaron. Se procedió a adicionar una solución de NaOH comercial al 0,1 N mediante una bureta graduada (precisión $\pm 0,075$ ml), hasta que el jugo tomó una coloración rosa pálido que persistió por 30 segundos. Se realizó la corrección con un factor de dilución de 10, Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico, el cual fue calculado mediante la ecuación:

$$Acidez\ Total\ (\%) = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times 0,001 \times PE_{Acido\ málico}}{W} \times FD \times 100$$

Ecuación 4. Acidez titulable

Donde:

V_{NaOH} (Volumen gastado en la titulación en mL), N_{NaOH} (Normalidad NaOH), $PE_{Acido\ Málico}$ (peso equivalente del ácido málico es 67,04 g/eq), 0,001 (factor de conversión de litro a mL), W (peso de la muestra en g), FD (factor de dilución 10).

- Estandarización de la solución de NaOH 0,1N

Se secó 2,0000 g de biftalato de potasio ($KHC_8H_4O_4$) en un horno de secado BINDER ® a 105°C por una hora. Después se dejó enfriar en un desecador por 20 minutos. Se pesó 0,6000 \pm 0,0001g del biftalato de potasio seco y se adicionaron a un beacker de 250 mL con 100 mL de agua destilada. Esta mezcla se agito hasta que se logró la disolución total del biftalato de potasio. Después se adicionaron tres gotas de fenolftaleína. Desde una bureta se dejó caer

la solución de NaOH sobre la solución de biftalato de potasio hasta la aparición de una coloración rosa pálido que persistió por 30 segundos.

La normalidad de la solución de NaOH se calculó a partir de la Ecuación 6:

$$N = \frac{m \times 1000}{V \times PE}$$

Ecuación 5. Normalidad del NaOH.

Dónde: m (masa de biftalato de potasio en, g), V (volumen gastado de NaOH en mL) y PE (Peso equivalente del biftalato de potasio es de 204,22 g/ eq).

✓ **Sólidos Solubles Totales**

Se determinaron por el método 22.024 de la A.O.A.C usando un refractómetro portátil marca ATAGO modelo PAL-1 con precisión de 0,1°Brix, usando como blanco de comprobación agua destilada después de cada lectura. Se maceraron los bananos y se agregó agua destilada para diluir con un factor de dilución de 1.5.

✓ **Pérdida de peso.**

Se tomaron tres frutos al azar por cada tratamiento los cuales fueron pesados los días 0, 5, 10, 15 y 20 en una balanza electrónica marca precisa 310M con una capacidad máxima de 500,00g ± 0,01g. Se calculó la disminución del peso inicial de los frutos y se expresaron como porcentaje de pérdida de peso (%) de acuerdo a la ecuación 5:

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

Ecuación 6. Pérdida de peso

✓ **Cambio de color en la cáscara.**

Esta prueba se llevó a cabo visualmente, con la ayuda de la tabla de color establecida por Escalante-Minakata et al. (2013), En el párrafo 7.3.1.1., Obtención de la muestra. Se muestra una escala que presenta los cambios de color en la cáscara del banano, siendo la etapa 5 la más atractiva para la madurez organoléptica, de acuerdo con la NTC 1190.

✓ **Firmeza.**

Los cambios de firmeza de los bananos por tratamiento se determinaron utilizando un penetrómetro manual marca BERTUZZI con una escala de 0-13kgf, donde inicialmente se eliminó parte de la piel de la zona ecuatorial del banano con el pelador de acero inoxidable que suministra el equipo. Luego se utilizó el punzón adecuado (frutos de cáscara débil), el cual registro la fuerza necesaria para romper el tejido. Esta fuerza fue expresada en Kg/cm².

7.3.2.2. Comparación con otra de técnica de conservación

El mejor tratamiento obtenido fue comparado con el método de conservación usando permanganato de potasio como agente absorbente de etileno. La metodología usada fue acorde a lo reportado por García, Balaguera & Herrera (2012). Para la aplicación de este método se usó el mejor tratamiento obtenido de la misma investigación, el cuál fue 1% vermiculita y 1,5% de KMnO₄. La arcilla (vermiculita) y el KMnO₄ se calcularon teniendo en cuenta el peso fresco de los frutos, se mezclaron uniformemente y se empacaron en sobres de celulosa. Los bananos fueron empacados junto con la mezcla (vermiculita y KMnO₄) en bolsas de polietileno de baja densidad. Los frutos se almacenaron en condiciones ambientales a 18°C. Se realizaron las pruebas descritas en los párrafos 7.3.1.3 y 7.3.2.1, a los 0, 5, 10 y 15 días de almacenamiento.

7.3.3. Análisis de la calidad microbiológica y sensorial del banano de rechazo variedad Cavendish en estado de madurez organoléptica.

7.3.3.1. Análisis sensorial

✓ Examen hedonístico de aceptación.

Este examen sirvió para comprobar la aceptación del producto y se emplea, fundamentalmente en las investigaciones de mercadeo y en los test de consumidores.

Consistió en un panel de degustación, con miembros no entrenados. Los análisis se realizaron a los 20 días en los estados de madurez (8, 8, 7 y 6), (ver parágrafo 7.3.1.1., Obtención de la muestra), para los tratamientos T₀, T₁, T₂, y T₃, respectivamente, con respecto al olor, sabor, color y textura, se realizó con 20 panelistas no entrenados en la Universidad Popular del Cesar, en el Centro de Investigación para el Desarrollo de Ingeniería (CIDI). El tratamiento a evaluar se sacó del cuarto de refrigeración, se presentó una fruta por cada repetición de los respectivos tratamientos, los cuales se evaluaron por los panelistas escogidos por los investigadores. Después de la evaluación de cada muestra los evaluadores contaron con agua destilada para lavarse la boca y de esta forma evitar posibles confusiones entre muestras evaluadas. Los resultados obtenidos se anotaron de acuerdo a los valores asignados a cada atributo (ver Tabla 5) y descritos en el formato de prueba hedónica (ver Anexo C).

Tabla 5. Escala de valores para la aceptación o rechazo del producto.

CALIFICACIÓN	VALOR
ME DISGUSTA MUCHO	1
ME DISGUTA	2
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	3
ME GUSTA	4
ME GUSTA MUCHO	5

7.3.3.2. Análisis microbiológicos

Los análisis se realizaron en los laboratorios de microbiología de la Secretaria de Salud Departamental. El procedimiento empleado fue el siguiente: se analizaron las muestras a los 20 días de almacenamiento, se sacaron del cuarto de refrigeración y se trasladaron empacadas en bolsas asignadas por la propia Secretaria de Salud Departamental del Cesar en cavas de icopor, para la realización de las siguientes pruebas microbiológicas: Recuento de mohos y levaduras, se determinaron por el método International Commissionon Microbiological Specification for Foods (**ICMSF**). Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Recuento de mohos y levaduras en alimentos por siembra en profundidad, **INVIMA**, 1998. Teniendo en cuenta la NTC 6005 para la aceptación o rechazo.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. EFECTO DEL CLORURO DE CALCIO (CaCl₂) EN LA INTENSIDAD RESPIRATORIA DEL BANANO DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH.

En la Tabla 6 se muestra el análisis estadístico de la tasa de respiración de los bananos sin tratamientos con CaCl₂ (T₀) y los bananos tratados a las diferentes concentraciones de CaCl₂ (T₁, T₂ y T₃) con sus medias y desviaciones estándar a los 20 días de almacenamiento, pudiéndose observar que superíndices diferentes (a-c) en la misma columna presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) mediante la prueba de comparación de medias LSD (ver Anexo D).

Tabla 6. Tasa de respiración de los bananos con y sin tratamiento con CaCl₂ a los 20 días de almacenamiento

Tratamiento	Tasa de respiración (mg CO ₂ /kg.h)
T ₀ (Testigo)	52,38 ± 0,16 ^a
T ₁ (5%)	42,67 ± 1,64 ^b
T ₂ (10%)	40,98 ± 0,02 ^{cb}
T ₃ (15%)	40,05 ± 0,44 ^c

La inmersión de los bananos en soluciones de CaCl₂ influyó de manera significativa ($p < 0,05$) en la tasa de respiración en comparación con el testigo (T₀), presentándose la menor tasa de respiración a los 20 días de almacenamiento en los bananos tratados con las soluciones de CaCl₂ (10 y 15%) con valores de 40,98 y 40,05 mg CO₂/kg.h, respectivamente (ver tabla 6). y la mayor tasa de respiración para el testigo (52,38 mg CO₂/kg.h).

Se puede observar a los 5 días de almacenamiento se presentaron las mayores tasas de respiración para los tratamientos T₀ (68,48), T₁ (61,36), T₂, (58,07), (ver Figura 8) estos indican un incremento de la actividad respiratoria debido a una mayor producción de etileno lo cual se denomina pico climatérico, aunque no fue medida la cantidad de etileno en esta investigación, sin embargo la literatura reporta que estos picos se relacionan con el aumento de la respiración. Para el tratamiento T₃, este aumento se dio a los 10 días de almacenamiento (53,25) donde se muestra una elevada actividad respiratoria indicando que la fruta ha llegado a su madurez, siendo este fenómeno más tardío por el uso de un mayor porcentaje de cloruro de calcio, igualmente se produce en las frutas las modificaciones de color, olor, textura y sabor semejantes a los otros tratamientos aunque con menor intensidad y menor producción de CO₂, las diferencias en la intensidad respiratoria y el tiempo en que se presentan los picos climatéricos entre los tratamientos, es una muestra de la incidencia que tiene el cloruro de calcio en la ralentización de la maduración. (Wills & Golding, 2016) Este comportamiento puede deberse a la presencia del calcio en los tejidos donde los iones de calcio actúan como mensajeros, en las plantas y en los frutos influye en la fisiología celular, así como en cambios en su estructura celular y en la permeabilidad de la membrana, intercelulares afectando parámetros como la respiración y la fluidez de la membrana (Medina-Sanabria, Rincon & Rubiano, 2017; Ramírez, Galvis & Fischer, 2005).

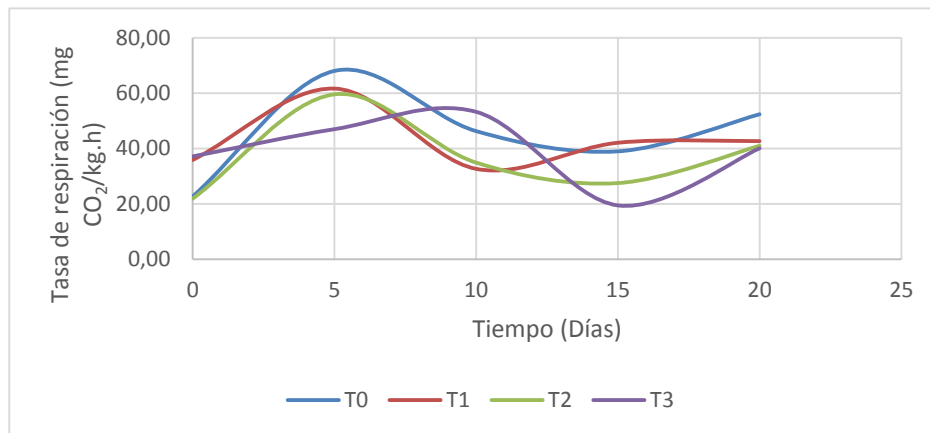


Figura 8. Comportamiento de la respiración durante 20 días de almacenamiento a 19 ± 1 °C.

El comportamiento de la tasa de respiración de los tratamientos de la presente investigación fue similar al reportado por Galvis & Hernandez (1994) para mangos Tommy Atkins donde el testigo presentó la mayor tasa de respiración (50,97 mg CO₂/kg.h) a los 19 días , seguido del tratamiento con 15% CaCl₂ (47,13 mg CO₂/kg.h) a los 26 días , 20% CaCl₂(45,49 mg CO₂/kg.h) a los 19 días y 25% CaCl₂ (42,73 mg CO₂/kg.h) a los 24 días, observándose que a mayor concentración de CaCl₂ disminuye la intensidad respiratoria en los frutos.

8.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL BANANO DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH TRATADO CON CLORURO DE CALCIO (CaCl₂).

8.2.1. Análisis fisicoquímicos a los bananos tratados con CaCl₂

En la Tabla 7 se pueden observar las características fisicoquímicas de los bananos sin tratamiento (testigo) y con tratamiento con cloruro de calcio a las diferentes concentraciones establecidas en la investigación a los 20 días de almacenamiento.

Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas de los bananos tratados con cloruro de calcio

Tratamiento	Pérdida de peso (%)	Firmeza (kgf/cm ²)	Sólidos solubles totales (°Brix)	pH	Acidez titulable (%)
T ₀ (testigo)	17,01 ± 1,20 ^b	1,4 ± 0,1 ^c	19,6 ± 0,1 ^a	5,02 ± 0,01 ^c	0,379 ± 0,011 ^b
T ₁ (5%)	16,54 ± 0,31 ^b	2,4 ± 0,1 ^b	15,9 ± 0,1 ^b	5,12 ± 0,01 ^b	0,354 ± 0,002 ^b
T ₂ (10%)	13,59 ± 1,41 ^c	2,6 ± 0,2 ^b	15,4 ± 0,2 ^c	5,15 ± 0,02 ^b	0,289 ± 0,003 ^c
T ₃ (15%)	12,32 ± 0,44 ^c	2,5 ± 0,1 ^b	15,4 ± 0,1 ^c	5,39 ± 0,03 ^a	0,257 ± 0,018 ^c

Las medías y las desviaciones con letras diferentes (a-c) en una misma columna presentaron diferencias significativas (p<0,05) mediante la prueba LSD.

-Pérdida de peso

La pérdida de peso (PP) entre los tratamientos presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) siendo la PP iguales para los bananos sin tratar (testigo) y los tratados con una la solución al 5%, de cloruro de calcio (CaCl_2), estos valores fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) a los PP obtenidos con los bananos tratados con soluciones de CaCl_2 a las concentraciones de 10 y 15%.

A medida que aumentaba la concentración de CaCl_2 con respecto a los bananos sin tratar (testigo), la PP disminuía (de 17,01 a 12,32 %), (ver figura 9), esto se puede deber a la influencia positiva que tiene el cloruro de calcio sobre la velocidad de la pérdida de peso en forma de vapor de agua, ya que disminuye los procesos respiratorios de la fruta y por ende se refleja en una menor pérdida de masa de fruta fresca (Nuñez-Castellano et al., 2012).

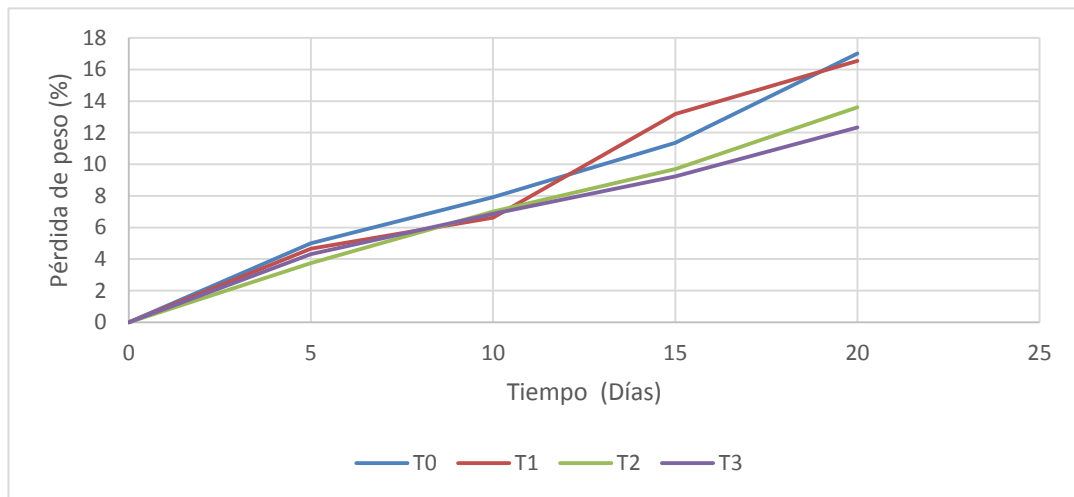


Figura 9. Comportamiento de la pérdida de peso (PP) durante 20 días de Almacenamiento a 19 ± 1 °C.

Este comportamiento fue similar para la conservación de la fresa con CaCl_2 , donde encontraron que el uso de CaCl_2 (inmersión en una solución al 1%) y un película plástica logró disminuir la pérdida de peso del 2,89% al 0,75% a los 10 días de almacenamiento.

También Ramírez et al. (2005), Galvis, Arjona, & Fischer, (2003) y Gol & Ramana (2011) presentaron un comportamiento similar al de la presente investigación donde se observó un aumento de la pérdida de peso al aumentar los días almacenamiento, sin embargo, la PP fue menor en los frutos tratados con CaCl_2 en comparación de los frutos testigos (sin tratamiento) para el caso de la feijoa, mango y banano, respectivamente.

La pérdida de peso a los 20 días de almacenamiento fue mayor para el tratamiento testigo (T_0) con un (17,01%) y la menor para el tratamiento T_3 con una concentración de 12,32, esto fue similar a lo reportado por Gol & Ramana (2011), donde se dió una pérdida de peso para el tratamiento testigo de (20,7%) mientras que para los bananos tratados con cloruro fueron de 17,67% y 20,17% con una concentración de 1% y 1,5 % respectivamente a una temperatura de $34 \pm 1^\circ\text{C}$, esto pudo estar relacionado a que los bananos en esta investigación fueron almacenados a una temperatura de $19 \pm 1^\circ\text{C}$. En general la pérdida de peso está asociada a factores como temperatura y la humedad relativa, dado que a mayor temperatura la tasa de transpiración es mayor; por lo tanto la pérdida de peso aumenta, contrario a lo que sucede con la humedad relativa que al ser menor aumenta la pérdida de peso. Como se trabajó en el cuarto frío de almacenamiento con un 67% de humedad relativa y a una temperatura de $19 \pm 1^\circ\text{C}$. Sin embargo no hubo alteraciones en la textura y sabor, reflejados en el análisis sensorial.

-Firmeza

La firmeza de los bananos sin tratar (T_0) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los bananos tratados con CaCl_2 a las diferentes concentraciones (5, 10 y 15%), siendo la firmeza a los 20 días de almacenamiento mayor a la del testigo, las cuales no presentaron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí (ver Anexo F). En general, la firmeza disminuyó a medida que transcurrían los días de almacenamiento para los tratamientos con CaCl_2 , sin embargo fue mayor que los bananos sin tratar (testigo) (ver Figura 10). La disminución en la tasa de degradación de la firmeza de los frutos está asociada con la hidrólisis de sustancias pépticas y la hemicelulosa, la cual debilita la pared celular y las

fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas, Este comportamiento puede estar asociado al efecto del cloruro de calcio, y en particular al ion de calcio, el cual es un elemento esencial que une las sustancias pépticas en la lámina media de la pared celular con la membrana para darle firmeza a la fruta (Wills & Golding, 2016), esto permite mantener la turgencia celular, firmeza de los tejidos y el retardo de catabolismo de lípidos de membrana y como resultado, extender la vida de almacenamiento de las frutas frescas en buenas condiciones (Ciccarese, Stellacci, Gentilese & Rubino, 2013). Nuñez-Castellano et al., (2012), Ramírez et al., (2005); Galvis, Arjona, & Fischer (2003); Angeletti et al., (2010) y Medina- Sanabria, Rincon & Rubiano (2017), se reporta que la inmersión de Fresa, feijoa, mora, mango y ciruela, respectivamente, en soluciones de cloruro de calcio lograron mantener la firmeza de estos frutos con relación a los mismos sin tratamiento con CaCl_2 .

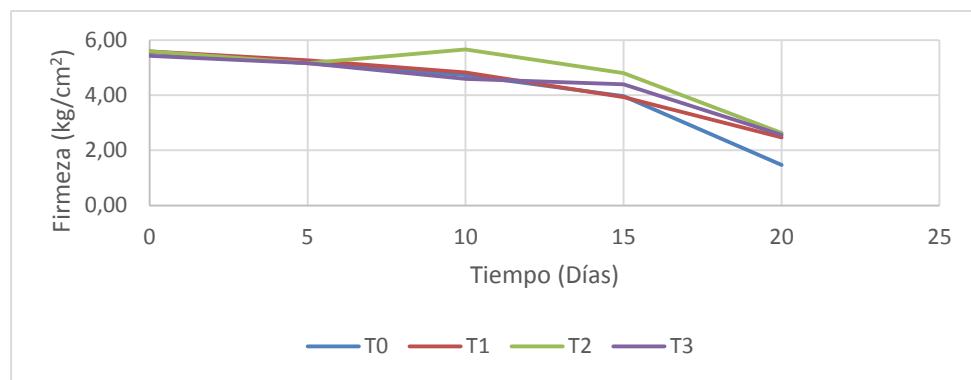


Figura 10. Comportamiento de la firmeza durante 20 días de almacenamiento a 19 ± 1 °C.

En particular el ablandamiento del banano durante la maduración parece estar asociado con dos o más procesos metabólico: (1) la hidrólisis o degradación del almidón para la formación de azúcares de bajo peso molecular, (2) la degradación de la pared celular debido a la solubilización de las sustancias pépticas en especial de la protopectina (sustancias insolubles) y de la celulosa, y (3) la migración de agua desde la piel del banano hacia su propia pulpa durante la maduración. Este último proceso puede afectar la turgencia de la piel causando así el aumento de pérdidas por transpiración.

Sólidos solubles totales

La inmersión de los bananos en soluciones de CaCl_2 (5,10 y 15%) influyó de manera significativa ($p < 0,05$) el contenido de sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$), siendo mayor en el testigo T_0 (19,65) seguido T_1 (15,95) y por último T_2 y T_3 (15,4), los cuales no presentaron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí (ver Anexo G). A medida que aumentó la concentración de CaCl_2 (0 a 15%) (ver Figura 11), los $^\circ\text{Brix}$ disminuyeron sin presentar diferencias entre las soluciones del 10 y 15%. Esto puede deberse al efecto del cloruro de calcio sobre la maduración del fruto, ya que disminuye la velocidad con que se da la hidrólisis del almidón presente en el fruto, por ende, hay una menor producción parcial de azúcares de bajo peso molecular (monosacáridos y disacáridos) que da como resultado un retraso en el contenido de sólidos solubles que se pudo observar en la presente investigación, la variación de los sólidos solubles totales en el banano varía dependiendo de la zona del cultivo. (Medina- Sanabria, Rincon & Rubiano, 2017). Este comportamiento fue similar al reportado por Galvis, Arjona, & Fischer (2003), Ramírez et al., (2005), Nuñez-Castellano et al., (2012), Gol & Ramana (2011) quienes reportaron que aunque los $^\circ\text{Brix}$ aumentaron durante el tiempo de almacenamiento, este fue menor al presentado en los frutos sin tratar con Cloruro de Calcio. En lo reportado por Dovel B, Omwamba, Faraj, & Mahungu (2017), los SST para el tratamiento con una concentración de cloruro de (4%) y de agua caliente de 50°C se presentaron los $^\circ\text{Brix}$ más altos (21,00), sin embargo la temperatura del agua caliente también influyó en estos.

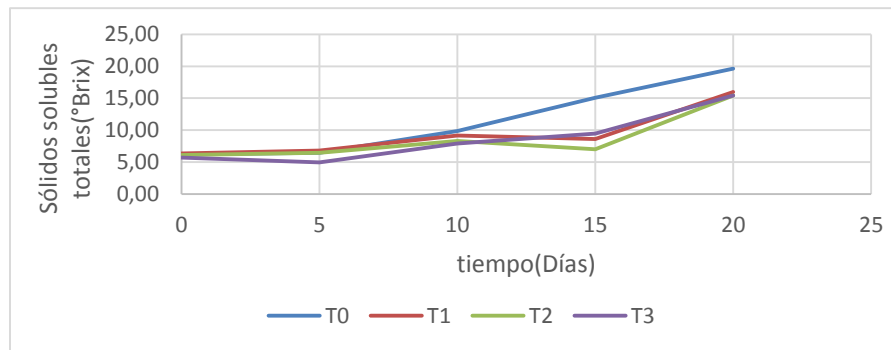


Figura 11. Comportamiento de los sólidos solubles totales durante 20 días de almacenamiento a $19 \pm 1^\circ\text{C}$.

En los lo reportado por Sahay, Mishra, Rashml, Ahmad, & Choudhary (2015) se observa que para los bananos tratados con 2 y 4 % de cloruro estos alcanzaron unos °Brix de 18,5 y 19 respectivamente a los 16 días de almacenamiento, Ciro, Montoya, & Millán (2005), reportaron que los °Brix llegaron hasta (11,1) con un comportamiento similar a T₁ y al tratamiento testigo a los 11 días de almacenados, los bananos tuvieron una buena aceptación las pruebas sensoriales en cuanto al atributo de sabor.

-pH

El pH de los bananos sin tratar (testigo) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al de tratado con cloruro de calcio (5, 10 y 15%), siendo el pH menor en los bananos sin tratar (5,02), seguido de los bananos tratados con 5 y 10% (5,13 y 5,16 respectivamente), por último de los tratados con la solución de 15% de cloruro de calcio con (5,39) (ver Anexo H). Aunque el pH tuvo variaciones durante los días de almacenamiento, al final se puede observar, que a medida que aumentaba la concentración de CaCl₂, el pH final fue mayor que en el testigo (ver Figura 13), esto debido a que en los bananos tratados con CaCl₂, la tasa de conversión de los azúcares en ácidos orgánicos fue menor por efecto del mismo cloruro de calcio en la disminución del metabolismo activo de la fruta, retardando así la maduración al disminuir la tasa de respiración celular de los tejidos vegetales limitando la producción de ácidos orgánicos (González-Aguilar et al., 2010).

En general, el pH para todos los tratamientos tuvo un comportamiento descendente al transcurrir el tiempo de almacenamiento, esto debido a la producción de ácidos orgánicos en los distintos tratamientos por el proceso de maduración (Wills & Golding, 2016). Otros autores reportaron una tendencia similar para frutas como la feijoa ; donde a medida que aumentaba los días de almacenamiento, el pH disminuía (Ramírez, et al., 2005).

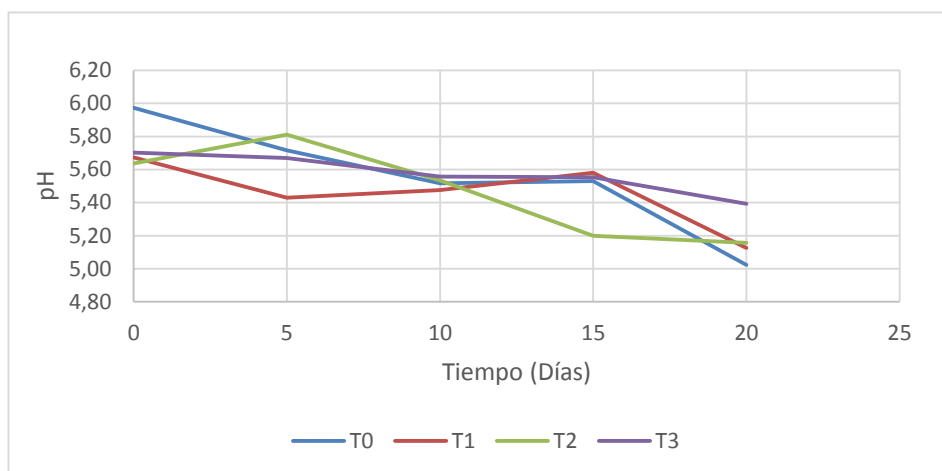


Figura 12. Comportamiento del pH durante 20 días de almacenamiento a 19 ± 1 °C.

-Acidez titulable

La inmersión de bananos en soluciones de cloruro de calcio influyó de manera significativa ($p < 0,05$) en la acidez de los mismos, presentado T_0 y T_1 valores similares ($p \geq 0,05$) de acidez titulable a los 20 días de almacenamiento, sin embargo, estos valores fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) a los obtenidos con los bananos tratados con las soluciones del 10 y 15%, (ver Anexo I) los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Al contrario del pH, la acidez aumentó en todos los tratamientos en el transcurso de los días de almacenamiento, siendo menor la acidez en los bananos tratados con cloruro de calcio en comparación con los bananos sin tratar (testigo), esto fue similar a lo reportado por (Sahay et al., 2015) donde los frutos tratados con cloruro tuvieron una acidez de 0,31% en comparación con los testigos que fue de 0,35 %. Esto está relacionado, al igual que con el pH a la producción de ácidos orgánicos, durante la maduración de los bananos, la cual es menor en los bananos tratados por el efecto del CaCl_2 (González-Aguilar et al., 2010).

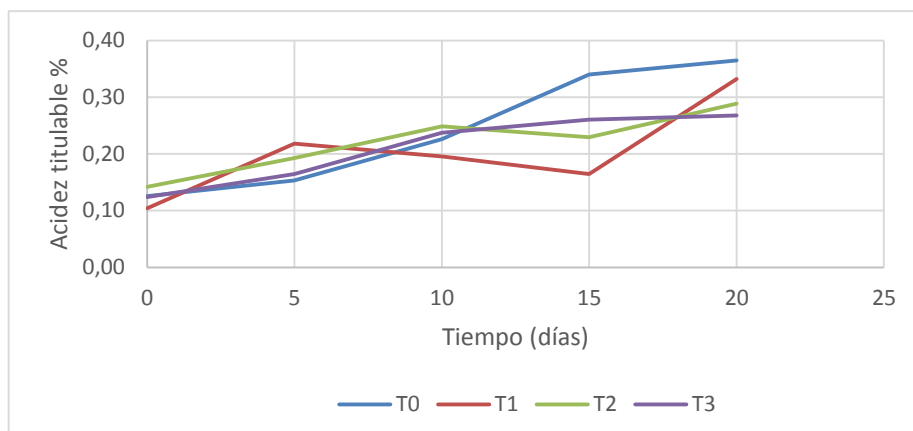


Figura 14. Comportamiento de la acidez titulable durante 20 días de almacenamiento a 19 ± 1 °C

Aunque en las frutas climatéricas la concentración de ácidos orgánicos disminuye durante la maduración ya que ellos son usados en la respiración y convertidos en azúcares. Los ácidos orgánicos pueden ser considerados como una reserva de energía para los frutos y por ende se espera que disminuyan durante el tiempo de mayor actividad metabólica, lo cual ocurre durante la maduración, sin embargo, los bananos presentan un comportamiento contrario, donde la mayor concentración de ácidos orgánicos se produce cuando la fruta está madura (Wills & Golding, 2016), a medida que el tiempo poscosecha del fruto aumenta la acidez aumenta sin presentar picos, similar a lo reportado por (Ciro & Millan, 2005).





















8.2.2. Color

Como se puede observar en la Tabla 8, a los 20 días de almacenamiento los bananos sin tratamiento de CaCl_2 (T_0) y los tratados con 5% CaCl_2 (T_1) se encontraron en la etapa de madurez 8, presentando daños fisiológicos evidentes, mientras que los bananos tratados con 10% y 15% de CaCl_2 presentaron una etapa de madurez 7 y 6 respectivamente, debido a que presentaban pequeñas manchas oscuras. Esto puede estar relacionado a que el calcio tiene un papel importante en la reducción y el control de los cambios que se dan en los frutos durante la maduración, su efecto es el de retardar los procesos fisiológicos y químicos, tales como la degradación de la clorofila (Medina- Sanabria, Rincon & Rubiano 2017). En general, todos

los tratamientos empezaron en la etapa de madurez 1 hasta la etapa 8. Los cambios de color en las frutas es uno de los criterios más utilizados por los consumidores para decidir si la fruta está o no madura, el aspecto más común es la pérdida del color verde, con pocas excepciones, como el kiwi y el aguacate, las frutas climatéricas pierden su color durante la maduración. La pérdida del color verde en los bananos es debida los procesos fisiológicos naturales del fruto que involucran la degradación de la clorofila, causas primordiales de esa degradación son los cambios de pH; como consecuencia de las fugas de ácidos orgánicos al exterior de las vacuolas, la producción de etileno, como hormona de la maduración, el desarrollo de los procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas (Wills & Golding, 2016; Thompson, 2011).

A pesar de que el pico máximo de respiración se dio a los 5 para los tratamientos (T₁, T₂, T₃) y para el tratamiento 3 se dio a los 10, los frutos mantenían su color verde al igual que su firmeza, esto pudo ser debido a que el cloruro de calcio retarda la degradación de la clorofila alfa y los carotenoides por lo que perdura el color verde en los bananos según lo reportado por (Phounzong-Tafre, Kouete Jarvin, & Aghofack-Nguemezi, 2019) el cloruro de calcio ayudo a disminuir progresivamente la intensidad fotosintética en comparación con los bananos testigos

Tabla 8. Escala de observación del color de los bananos con y sin tratamiento CaCl_2

T \ Días	0	5	10	15	20
T_0					
Etapa de madurez	1	2	4	7	8
T_1					
Etapa de madurez	1	2	3	5	8
T_2					
Etapa de madurez	1	2	2	4	7
T_3					
Etapa de madurez	1	2	2	3	6

8.2.3. Comparación con el método de conservación usando permanganato de potasio como agente absorbente de etileno

La solución de 15% de CaCl_2 (T_3), fue escogida como el mejor tratamiento, pues presentó valores significativos en la disminución de la pérdida de peso, la acidez y en la intensidad respiratoria, así como un aumento en la firmeza y el pH, características que son importantes para alargar la vida útil del banano, retardando así la maduración de los bananos en comparación con los otros tratamientos. La comparación de las variables descritas en el párrafo 7.3.2. para los bananos tratados con la solución de 15% CaCl_2 y con permanganato de potasio (KMnO_4) a los 0, 5, 10 y 15 días de almacenamiento (ver figura 15).

La pérdida de peso (PP) para los bananos tratados con KMnO_4 y CaCl_2 fue de 1,54 y 9,23%, respectivamente. La baja PP presentada en los bananos tratados con KMnO_4 puede estar asociada con la capacidad del permanganato para disminuir la respiración del fruto absorber

el etileno (García, Balaguera & Herrera 2012), como también la baja permeabilidad de la bolsa de polietileno de baja densidad donde fueron empacados los bananos, la cual crea una atmosfera modificada que disminuye la transpiración de vapor de agua (Gonzales-Aguilar, Ayala-Zavala, Olivas, Rosa, & Alvarez-Pinilla, 2010). Este comportamiento no ocurrió con los bananos tratados con CaCl_2 , ya que estos fueron empacados en canastas plásticas que no fueron recubiertas con ninguna clase de película plástica.

La firmeza a los 15 días de almacenamiento fue mayor en los bananos tratados con CaCl_2 en comparación con los tratados con KMnO_4 con valores 4,40 y 3,10 kg/cm^2 , respectivamente. La mayor firmeza presentada por los bananos con CaCl_2 se puede deber a la capacidad de los iones de calcio para unirse a las sustancias pécticas de la lámina media de la pared celular, como se explico anteriormente. La acidez titulable fue mayor para los bananos tratados con CaCl_2 (0,26%) y así como el pH (5,55) con respecto a los bananos tratados con KMnO_4 (0,20% y 5,29, respectivamente). Esto puede relacionado con la capacidad del permanganato como agente oxidante del etileno (García et al., 2012), lo cual disminuye el metabolismo de la fruta y la producción de ácidos orgánicos (González-Aguilar et al., 2010). El contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) fue mayor en los bananos donde se utilizó el KMnO_4 (16,07) en comparación con los tratados con CaCl_2 (6,30), aunque cabe resaltar que los bananos sumergidos en cloruro presentaron un aumento considerado de los $^{\circ}\text{brix}$ despues de los 15 días de almacenamiento (ver paragrafo 8.2.1. figura 11). En general, el aumento de los sólidos solubles totales duarnate el almacenamiento esta asociado a la degradación del almidón en azúcares de bajo peso molecular tales como glucosa y fructosa (Wills & Golding, 2016).

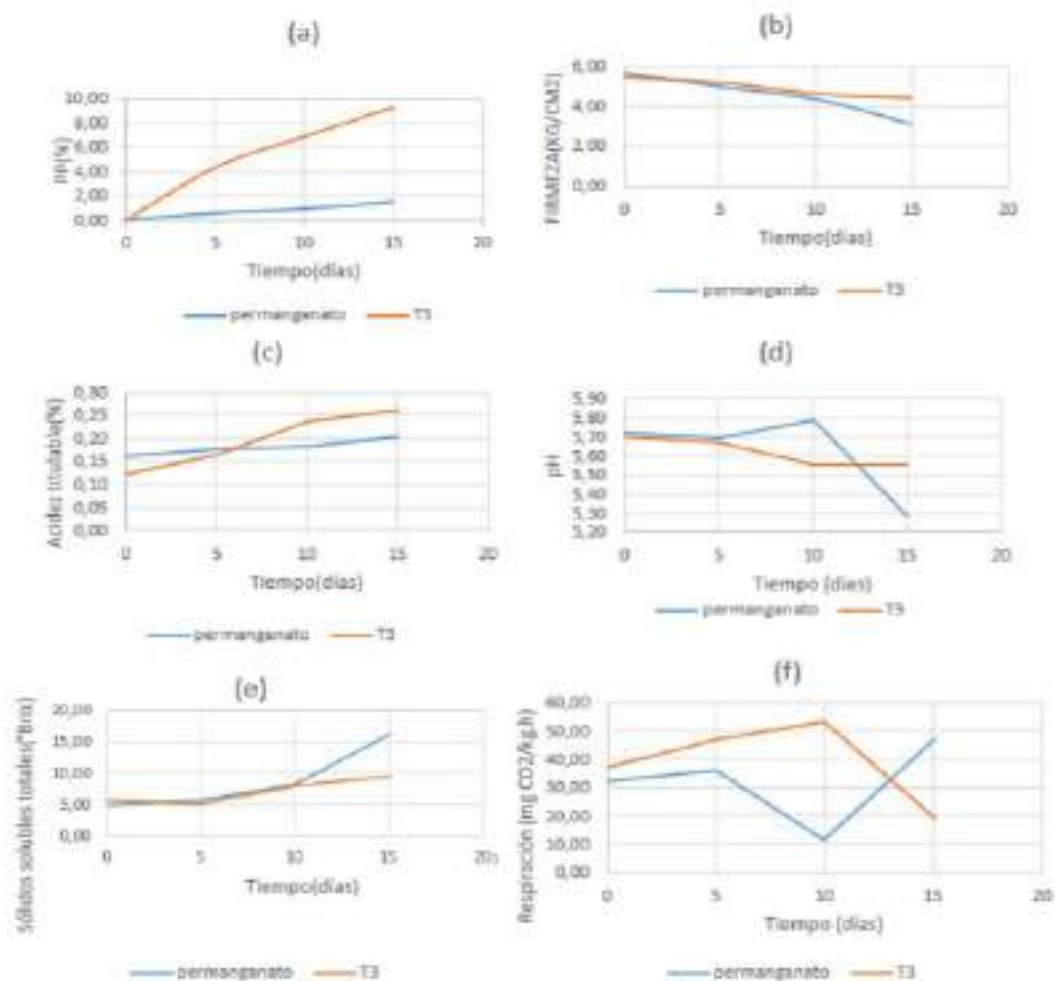


Figura 15. Comportamiento de (a) pérdida de peso (PP) (b) firmeza (c) acidez titulable (d) pH (e) Sólidos solubles totales y (f) respiración entre los bananos tratados con permanganato de potasio (KMnO₄) y cloruro de calcio (CaCl₂) durante 15 días de almacenamiento

Las mayores tasas de respiración de los bananos tratados con CaCl₂ (53,25 mg CO₂/kg .h) y KMnO₄ (47,24 mg CO₂/kg.h) se dieron a los 10 y 15 días de almacenamiento, respectivamente. Las diferencias entre los días donde se observó las mayores tasas de respiración se puede deber al efecto de ambas sustancias en la producción de CO₂ y etileno, lo cual conlleva a la conversión de cantidades relativamente grandes de carbono en forma

de almidón en azúcares más simples causando la maduración organoléptica de la fruta (Thompson, 2011).

La pérdida de peso, la acidez, sólidos solubles y la firmeza fueron mayores para los bananos tratados con CaCl_2 , el pH fue más apto para los bananos tratados con KMnO_4 . Las mayores tasas de respiración de los bananos tratados con CaCl_2 (53,25 mg $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$) y KMnO_4 (47,24 mg $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$) se dieron a los 10 y 15 días de almacenamiento, respectivamente.

8.3. ANÁLISIS LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DEL BANANO DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH EN ESTADO DE MADUREZ ORGANOLÉPTICA.

8.3.1. Análisis microbiológico

Los recuentos de mohos y levaduras reportados en los tratamientos de la presente investigación presentaron valores menores el índice máximo permisible para identificar un nivel de calidad aceptable ($M=3000$) establecido por la resolución 3929 del 2013, expedida por el ministerio de salud y la protección social.

Tabla 9. Recuento microbiológico de mohos y levaduras para los bananos con y sin tratamiento de CaCl_2 a los 20 días de almacenamiento

Tratamiento	Mohos y levaduras (UFC/g)	Valores de referencia (Res. 3929/2013) (Minsalud,2013)
T ₀ (testigo)	1800	1000 – 3000
T ₁ (5%)	360	1000 – 3000
T ₂ (10%)	340	1000 – 3000
T ₃ (15%)	400	1000 – 3000

En la Tabla 9 se puede observar, que el mayor recuento se encontró en los bananos sin tratamiento (testigo), mientras que los tratamientos T₁, T₂ y T₃ presentaron valores menores que el testigo, aunque fueron similares entre ellos (ver Tabla 9). Esto puede estar relacionado por la capacidad del cloruro de calcio para disminuir la germinación, esporulación y el crecimiento de patógenos (Ramírez et al., 2005; Ciccicarese et al., 2013; Angeletti et al., 2010).

Estos recuentos reflejan que se llevaron a cabo buenas prácticas de manufactura en la recepción y limpieza de la materia prima (bananos), desinfección de utensilios y equipos, asepsia en la elaboración de las soluciones de cloruro de calcio, la higiene de los manipuladores al momento de la inmersión de los banano en las soluciones y un correcto almacenamiento.

8.3.2. Análisis sensorial

Tabla 10. Características organolépticas de los bananos con y sin tratamiento de cloruro de calcio a los 20 días de almacenamiento

	Color	Textura	Olor	Sabor
T ₀ (Testigo)	2,22 ± 0,97 ^c	2,21 ± 0,83 ^c	3,11 ± 0,78 ^c	2,11 ± 0,93 ^c
T ₁ (5%)	3,88 ± 0,75 ^b	3,88 ± 0,93 ^b	3,66 ± 0,70 ^{cb}	3,55 ± 0,88 ^b
T ₂ (10 %)	4,00 ± 0,70 ^b	4,00 ± 0,70 ^b	3,88 ± 0,60 ^b	3,66 ± 0,71 ^b
T ₃ (15%)	3,77 ± 0,97 ^b	3,88 ± 0,78 ^b	4,33 ± 0,70 ^b	4,00 ± 0,50 ^b

Las medias y las desviaciones con letras diferentes (a-c) en una misma columna presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) mediante la prueba LSD.

El atributo color presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el banano sin tratar (testigo) y los tratados con soluciones de cloruro de calcio del 5,10 y 15%; las cuales no tuvieron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí (ver Anexo L), donde la calificación fue mayor para los bananos tratados, esto se pudo deber que el banano sin tratar (T₀) presentabas manchas marrones que no eran agradables a la vista para los panelistas no entrenados ,

mientras que los bananos tratados con las soluciones de CaCl_2 presentaban menos manchas marrones, esto debido a la que los bananos tratados con inmersiones de cloruro de calcio favorecieron la dispersión de la solución en la superficie de la fruta, evitando reacciones de oxidación que podrían llevar a cambios de color y generación de sabores desagradable (Rincón & Martínez, 2015).

Las texturas de los bananos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), teniendo mayor aceptación los tratamientos T_1 , T_2 y T_3 sobre los bananos sin tratar (T_0) (ver Anexo M). Este atributo está relacionado con la firmeza del banano, que como se pudo observar en la discusión de los resultados del párrafo 8.2.1.; La firmeza fue mayor en los bananos tratados con las soluciones de cloruro de calcio a las concentraciones de 5, 10 y 15%, esto debido a las propiedades del calcio en el tratamiento postcosechas de productos hortofrutícolas que es útil para mantener la firmeza mediante la unión de los iones de calcio y las cadenas de pectina aumentando así la fuerza de la pared celular. (Angeletti *et al.*, 2010).

Las calificaciones de los panelistas no entrenados con respecto al olor tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos (ver Anexo N), presentándose valores similares entre T_0 (testigo) y T_1 (5%), mientras que T_2 (10%) y T_3 (15%) obtuvieron mayores calificaciones que T_0 , pero similares a T_1 . Como se puede observar, los bananos tratados con cloruro de calcio tuvieron una mejor aceptación que el banano sin tratar, esto puede estar influenciado por el efecto del calcio en la maduración del fruto (Rincón & Martínez, 2015) como también en la percepción de los aromas por parte de los receptores olfativos de los panelistas no entrenados (Cordero-Bueso, 2013).

La calificación del atributo sabor tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo mayor en T_1 , T_2 y T_3 en comparación con T_0 (testigo) (ver Anexo N). Este comportamiento puede estar relacionado con que los bananos tratados con CaCl_2 presentaron los menores porcentajes de acidez titulable, por ende, tuvieron la mejor aceptación por parte de los panelistas no entrenados, ya que los ácidos orgánicos son

importantes por su capacidad de suministrar un balance azúcar-acido deseable, que da como resultado un sabor y aroma agradable durante la maduración (Ciro et al., 2005).

En general, las calificaciones obtenidas de los atributos olor, sabor, color y textura obtenida de los diferentes tratamientos (T₀, T₁, T₂ y T₃) pueden deberse al efecto del cloruro de calcio sobre el banano como retardante de la maduración (Rincón & Martínez, 2015), como también de la percepción de los aromas y sabores por parte de los panelistas (Cordero-Bueso, 2013), lo que conllevó a un amplio rango de calificaciones.

8. CONCLUSIONES

El uso de cloruro de calcio logró disminuir significativamente ($p < 0,05$) la intensidad respiratoria de los bananos de rechazo variedad Cavendish en comparación con los bananos testigo (52,38 mg CO₂/kg.h), presentándose las menores tasas de intensidad respiratoria a las concentraciones de 10% y 15% con valores de 40,98 y 40,05 mg CO₂/kg.h, respectivamente a los 20 días de almacenamiento, donde a medida que se aumenta la concentración de cloruro la intensidad respiratoria disminuye, observándose una ralentización en la aparición del pico climatérico para T₃ (15% CaCl₂) en comparación con los otros tratamientos .

La inmersión de los bananos en soluciones de 10% y 15% de cloruro de calcio permitió obtener la menor pérdida de peso, menor contenido de sólidos solubles totales (15,4°Brix) y menor acidez titulable (0,289 y 0,257%, respectivamente) en comparación con los bananos testigos (T₀). El uso de cloruro de calcio retardó la pérdida de la firmeza de los bananos con valores finales de 2,4-2,6 kg/cm² en relación a los bananos testigo (1,4 kg/cm²). Con respecto al pH, los bananos tratados con cloruro de calcio presentaron valores superiores al testigo en un rango de 5,12 – 5,39. De acuerdo a estos valores T₃ presenta mejores características de calidad y perdurabilidad en el tiempo de almacenamiento en comparación con los tratamientos testigos, presentando un estado de madurez 6 a los 20 días de almacenamiento

Al comparar T₃ (15% CaCl₂) con el método utilizando bolsas de polietileno de baja densidad y permanganato de potasio como agente absorbente de etileno, este último presentó menores valores de pérdida de peso, firmeza, pH, intensidad respiratoria y acidez titulable; mientras que los bananos tratados con cloruro de calcio al 15% presentaron menores valores de sólidos solubles totales, el pico climatérico para los bananos tratados con cloruro y permanganato fue a los 10 y 15 días de almacenamiento respectivamente.

Los bananos presentaron recuentos de mohos y levaduras por debajo del límite establecido por la normatividad vigente, sin embargo, el cloruro de calcio actuó de manera favorable en la disminución del crecimiento de mohos y levaduras, teniendo valores más bajos los tratamientos (T₁, T₂ y T₃) que en el tratamiento control, desde el punto de vista

microbiológico todos son aptos para el consumo humano. Con respecto al análisis sensorial, los bananos tratados con cloruro de calcio tuvieron valores de similares entre sí, en los atributos olor, sabor, textura y color; los cuales fueron superiores a las calificaciones obtenidas por los bananos testigo.

En general, se puede concluir que el tratamiento de bananos de rechazo variedad Cavendish con soluciones de cloruro de calcio en concentraciones de 5 -15%, permitió retardar la maduración y aumentar la vida útil de los mismos, a una concentración mayor de cloruro se puede ver el efecto significativo de este en los picos climatéricos que indican la maduración organoléptica de la fruta, por lo que el uso de CaCl_2 es una opción de tecnología postcosecha viable para la conservación y comercialización del banano de rechazo variedad Cavendish.

9. RECOMENDACIONES

Evaluar la producción de etileno durante el almacenamiento para llevar un mejor control en la maduración del fruto y su influencia en las características fisicoquímicas.

Realizar la medición de la respiración con un analizador de gases, para medir la producción de oxígeno y dióxido de carbono y hacer una relación de esta durante el almacenamiento.

Utilizar un colorímetro para la medición de la coloración de la piel de la fruta y hacer un análisis sobre los colores de fondo en el transcurso de su almacenamiento y ver la influencia del cloruro en su color.

Analizar la cantidad de calcio al inicio y al final de la maduración, para conocer el aporte de calcio que da el cloruro a la fruta.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Afanador, A. (2005). El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante. *Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 1(3), 51-68.
- AGURA. (2011). *Asociación de Bananeros de Colombia*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de http://www.augura.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=82
- AGURA. (2018). *Coyuntura Bananera 2017*. Asociación de Bananeros de Colombia.
- Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminiello, L., Concellón, A., Chaves, A., & Vicente, A. (2010). Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biology and Technology*, 58(10), 98-103.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Arlington.
- ASBAMA. (2016). *Informe de Gestión del 2016*. Informe de Gestión, Magdalena.
- Bal, E., & Celik, S. (2010). The effects of postharvest treatments of salicylic acid and potassium permanganate on the storage of kiwi fruit. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(5), 576-584.
- Balaguera-López, H. E., Salamanca-Gutierrez, F. A., Gracia, J. C., & Herrera-Arévalo, A. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 302-313.

- Biale, J., & Young, R. (1981). Respiration and ripening of fruits—retrospect and prospect. En *Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables* (págs. 1-39). Londres: Academic Press.
- Bico, S. L., Raposo, M. F., Morais, R. M., & Morais, A. M. (2010). Chemical dips and edible coatings to retard softening and browning of fresh-cut banana. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 2(1), 13-24.
- Dovel B. E., Omwamba, M., Faraj, A., & Mahungu, S. (2017). Optimization of Hot Water Temperature Dipping and Calcium Chloride Treatment to the Selected Physico-Chemical Parameters of Keitt Mango and Cavendish Banana Fruits. *Dairy & Food Science & Technology*, 912-935.
- CEIBA. (2000). *Manejo Postcosecha de frutas y hortalizas*. Corporación para la Educación Integral y el Bienestar Ambiental, Municipio de Granada.
- CENIBANANO. (2009). *Los desechos generados por la industria bananera colombiana*. Centro para la investigación del banano.
- Ciccarese, A., Stellacci, A. M., Gentileco, G., & Rubino, P. (2013). Effectiveness of pre- and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 75, 135-141.
- Ciro, H., Montoya, M., & Millán, L. (2005). Caracterización de propiedades mecánicas del banano (Cavendish Valery) . *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(2975-2988).
- Contreras–Angulo, L. A., Heredia, J. B., Sánchez–Álvarez, C. E., Angulo–Escalante, M. Á., & Villarreal–Romero, M. (2011). Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(1).
- Cordero-Bueso, G. (2013). *Aplicación del Análisis Sensorial de los Alimentos en la Cocina y en la Industria Alimentaria*. Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide.

- Demerutis, C. (1996). *Procesos fisiológicos y sistemas de postcosecha*. Escuela de Agricultura de la región tropical húmeda, Costa Rica.
- Escalante-Minakata, P., Ibarra-Junquera, V., Puente-Preciado, J. H., Chávez-Rodríguez, A. M., Ornelas-Paz, J. d., Pérez-Martínez, J. D., & Orozco-Santos, M. (2013). OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DE JUGO DE BANANO A PARTIR DE LOS CULTIVARES ENANO GIGANTE, FHIA-17 Y FHIA-23. *Universidad y Ciencia*, 29(1), 1-9.
- FAO. (2016). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado el 19 de junio de 2018, de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Galvis, A., & Hernandez, M. S. (1994). Influencia del cloruro de calcio en la conservación del mango variedad tommy atkins. *Agronomía Colombiana*, 11, 68-72.
- Galvis, J. A., Arjona, H., & Fischer, G. (2003). Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl₂) sobre la vida de almacenamiento y la calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke. *Agronomía Colombiana*, 21(3), 190-197.
- García, J., Balaguera-López, H., & Herrera, A. (2012). Conservación del fruto de banano bocadillo (*Musa AA Simmonds*) con la aplicación de permanganato de potasio (KMnO₄). *Revista Nacional de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 161-171.
- Gaviria, J. (2016). *Evaluación del efecto del corte del pseudotallo en planta madre, sobre los rendimientos del fruto y tiempo de floración en hijos de sucesión de la segunda generación en banano de variedad (Cavendish valery)*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Gol, N., & Ramana, T. (2011). Banana Fruit Ripening as Influenced by Edible Coatings. *International Journal of Fruit Science*, 11(2), 119-135.

- Gonzales-Aguilar, G., Ayala-Zavala, J., Olivas, G., Rosa, L., & Alvarez-Pinilla, E. (2010). Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5(1), 65-72.
- Guevara-Bravo, C., Acevedo-Ruíz, J., & Peláez-Jaramillo, C. (2016). Biorefinería a partir del banano de rechazo: un sistema integrado para la co-producción de etanol, proteína unicelular, biogas y compost. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), 78-86.
- H, J. C. (16 de febrero de 2016). *Las tasas de cambio y los aranceles afectan exportaciones de banano*. Recuperado el 10 de junio de 2018, de Portafolio.
- Hector Jose Ciro Velasquez, M. L. (2005). Caracterizacion de las propiedades mecanicas del banano(cavendys valery). *facultad agronomia de medellin*, 2986-2987.
- Hincapié, A. F. (2004). *Uso del banano verde de rechazo y úrea en el engorde de noillos cebú en un sistema intensivo de estabulación en la zona de Urabá*. Boletín técnico N°5, CENIBANANO.
- Hussain, P. R., Meena, R. S., Dar, M. A., & Wani, A. M. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology*, 49(4), 415-426.
- Iizuka. (1985). Alcohol fermentation of green banana. *Journal of Fermentation Technology*, 63(5), 475-477.
- INVIMA, M. d. (1998). *Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico de Alimentos para Consumo Humano*. Bogotá D.C.
- Kader, A. (1996). *Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha*. Universidad de California, Pomología, California.

- Leyva-López, N., Heredia, J. B., Contreras-Angulo, L. A., Muy-Rangel, M. D., Campos-Sauceda, J. P., & González-Lizarraga, I. (2011). Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (Carica papaya L. var. Maradol) fresca cortada. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(1), 1-15.
- Londoño, M. (2002). Banatura: Programa de Gestión Social y Ambiental del Sector Bananero Colombiano. *Reunión Internacional ACORBAT*. Cartagena.
- Márquez, C., Otero, C., & Córtez, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* s.) en poscosecha. *Revista Vitae. ISSN 01211-4004*, 14(2), 9-16.
- Marschner, H. (2011). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (Vol. 3). Londres: Academic Press.
- Martín-Diana, A., Rico, D., Frías, J., Barat, J., Henehan, G., & Barry-Ryan, C. (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18(4), 210-218.
- Martínez, M., & Quintero, J. (2017). 4to Congreso Internacional AmITIC 2017. *Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia*, (págs. 194-201). Popayán.
- Medina-Sanabria, O., Rincón, A., & Rubiano-Gonzales, V. (2017). Comportamiento poscosecha de frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) en estado madurez comercial con tres dosis de CaCl₂. *Revista alimentos Hoy*, 25(41), 3-14.
- Ministerio de Agricultura. (julio de 2018). *CADENA DE BANANO*. Obtenido de Indicadores e Instrumentos: <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1343-2018%20Banano%20JULIO%20VF.pdf>
- Montes, N., & Torres, L. (2004). *Hidrólisis enzimática de banano de rechazo*. Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín.

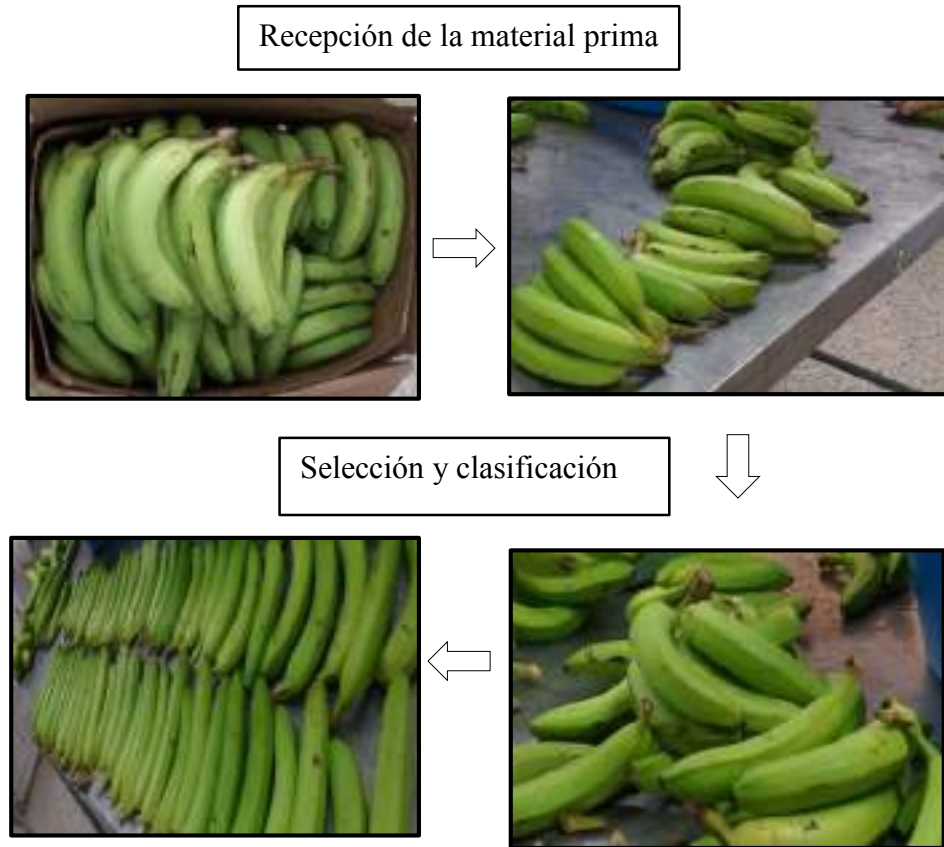
- Nuñez-Castellano, K., Castellano, G., Ramírez-Mendez, R., Sindoni, M., & Marín, C. (2012). EFECTO DEL CLORURO DE CALCIO Y UNA CUBIERTA PLÁSTICA SOBRE LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA FRESA (FRAGARIA X ANANASSA DUCH) . *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 21-30.
- Olarte, Y., & Melida, E. (1991). *Comercialización interna del banano de rechazo de Uraba*. Fundauniban, Medellín.
- Pasberg-Gauhl, C. (2002). ¿How can we reduce losses of banana bunches due to 'fruit speckling' in commercial banana plantations? *Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT*. Medellín.
- Phounzong-Tafre, E., Kouete Jarvin, O., & Aghofack-Nguemezi, J. (2019). Effects of Calcium Chloride Treatment on the Photosynthetic Capacity and Intensity of Banana Fruit during Ripening. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 1-9.
- Ramírez, J. M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2005). Maduración poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada con CaCl₂ en tres temperaturas de almacenamiento. *Agronomía Colombiana*, 23(1), 117-127.
- Rincón, A., & Martínez, E. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Revista Alimentos Hoy*, 24(34), 13-25.
- SAHAY, S., MISHRA, P., RASHML, K., AHMAD, M. F., & CHOUDHARY, A. (2015). Efecto de la aplicación posterior a la cosecha de productos químicos y de envasado diferente. *Bihar Agricultural College, Universidad Agrícola Bihar Sabour, Bhagalpur*, 1042-5.
- Saldarriaga, L. C. (1982). *Estudio de materia prima y proyecto de planta piloto de alcohol de banano en Urabá*. Gobernación de Antioquia, Medellín.

- Salgado, T., & Martinez, R. (2006). Relacion entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano (*musa sapientum l*) var. Criollo, tomate de árbol (*Solanum betaceum*) var. morada y mango (*mangifera indica l*) var. azúcar. bogotá, colombia: universidad de la salle.
- SENA. (2003). *Estudio de caracterización del sector bananero colombiano*. Servicio Nacional de Aprendizaje, Magdalena, Santa Marta.
- Sharrock, S., & Lusty, C. (2000). *Nutritive value of banana*. Annual report, INIBAP, Montpellier, Francia.
- Sierra, L. (1993). *El cultivo del bano: producción y comercio*. Medellín, Colombia: Gráficas Olímpicas.
- Soleimani, M., Hassanpouraghdam, M. B., Paliyath, G., & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*, 114(6), 102-115.
- Suseno, N., Savitri, E., Sapei, L., & S.Padmawijaya, K. (2014). Improving Shelf-life of Cavendish Banana Using Chitosan Edible Coating. *Procedia Chemistry*, 9, 113-120.
- Thompson, A. (2011). Banana (*Mussa spp.*). En *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (Vol. 1, págs. 216-243). Woodhead Publishing.
- Tripathi, K., Pandey, S., Malik, M., & Kaul, T. (2016). Fruit ripening of climateric and non climateric fruit. *Journal of Environmental and Applied Bioresearch*, 4(1), 27-34.
- Trujillo, Y., Cardozo, C., Garza, J., & Ríos, C. (2011). Retardo de la maduración organoléptica del tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Milano a partir de métodos comb. @*LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA*, 9(2), 95-103.
- User, S. (27 de enero de 2018). *Cifruexbanano*. Obtenido de <http://www.cifruexbanano.com/productos/2-uncategorised.html>

- Velázquez-Moreira, A., & Gurerrero-Beltrán, J. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 5-12.
- Wall, M. (2006). Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(5), 434-445.
- Wills, R., & Golding, J. (2016). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables* (Vol. 6). Estados Unidos: University of New South Wales and CABI.

11. ANEXOS

ANEXO A. Obtención de la materia prima



ANEXO B. Inmersión de los bananos en las soluciones de cloruro



Almacenamiento



ANEXO C. Formato de prueba hedonística

PRUEBA HEDÓNICA

Producto: Banano (*musa acuminata*) de rechazo variedad Cavendish.

Nombre: _____ Fecha: _____

Se encuentran cuatro muestras de banano, teniendo en cuenta la siguiente escala por favor indicar el grado en que le disgusta o le gusta cada atributo de cada muestra. Recordar de que debe enjuagarse tomando agua destilada entre cada muestra.

Escala de valores para la aceptación o rechazo del producto.

CALIFICACIÓN		VALOR		
ME DISGUSTA MUCHO		1		
ME DISGUTA		2		
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA		3		
ME GUSTA		4		
ME GUSTA MUCHO		5		
	Valoración			
	APARIENCIA/COLOR	TEXTURA	OLOR	SABOR
T0				
T1				
T2				
T3				

Observación:

¡Muchas gracias por su colaboración!

ANEXO D. Análisis estadístico de la respiración del banano

Tabla ANOVA para TASA DE RESPIRACIÓN por CLORURO DE CALCIO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	193,456	3	64,4854	88,44	0,0004
Intra grupos	2,91655	4	0,729137		
Total (Corr.)	196,373	7			

La tabla ANOVA descompone la varianza de TASA DE RESPIRACIÓN en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 88,4407, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de TASA DE RESPIRACIÓN entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para TASA DE RESPIRACIÓN por CLORURO DE CALCIO

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	2	40,055	X
10	2	40,985	XX
5	2	42,67	X
0	2	52,385	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	-0,103333	0,0434825
0 - 10	*	-0,133333	0,0434825
0 - 15	*	-0,37	0,0434825
5 - 10		-0,03	0,0434825
5 - 15	*	-0,266667	0,0434825
10 - 15	*	-0,236667	0,0434825

* indica una diferencia significativa.

ANEXO E. Análisis estadístico de pérdida de peso del banano

Tabla ANOVA para PÉRDIDA DE PESO por CLORURO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	37,558	3	12,5193	12,63	0,0053
Intra grupos	5,94976	6	0,991627		
Total (Corr.)	43,5077	9			

La tabla ANOVA descompone la varianza de PÉRDIDA DE PESO en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 12,625, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de PÉRDIDA DE PESO entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para PÉRDIDA DE PESO por CLORURO

CLORURO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
15	3	12,3282	X
10	3	13,5996	X
5	2	16,5413	X
0	2	17,0143	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 5	*	-0,103333	0,0434825
0 - 10	*	-0,133333	0,0434825
0 - 15	*	-0,37	0,0434825
5 - 10		-0,03	0,0434825
5 - 15	*	-0,266667	0,0434825
10 - 15	*	-0,236667	0,0434825

* indica una diferencia significativa.

ANEXO F. Análisis estadístico de firmeza del banano

Tabla ANOVA para FIRMEZA por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2,71	3	0,903333	83,38	0,0000
Intra grupos	0,0866667	8	0,0108333		
Total (Corr.)	2,79667	11			

La tabla ANOVA descompone la varianza de FIRMEZA en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 83,3846, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de FIRMEZA entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para FIRMEZA por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	1,46667	X
5	3	2,46667	X
15	3	2,56667	X
10	3	2,63333	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	-1,0	0,195973
0 - 10	*	-1,16667	0,195973
0 - 15	*	-1,1	0,195973
5 - 10		-0,166667	0,195973
5 - 15		-0,1	0,195973
10 - 15		0,0666667	0,195973

* indica una diferencia significativa.

ANEXO G. Análisis estadístico de los °BRIX del banano

Tabla ANOVA para °BRIX por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	37,815	3	12,605	560,22	0,0000
Intra grupos	0,18	8	0,0225		
Total (Corr.)	37,995	11			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los °BRIX en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 560,22, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de °BRIX entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para °BRIX por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	3	15,4	X
10	3	15,4	X
5	3	15,95	X
0	3	19,65	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	3,7	0,282427
0 - 10	*	4,25	0,282427
0 - 15	*	4,25	0,282427
5 - 10	*	0,55	0,282427
5 - 15	*	0,55	0,282427
10 - 15		0	0,282427

* indica una diferencia significativa.

ANEXO H. Análisis estadístico de pH del banano

Tabla ANOVA para pH por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,220033	3	0,0733444	137,52	0,0000
Intra grupos	0,00426667	8	0,000533333		
Total (Corr.)	0,2243	11			

La tabla ANOVA descompone la varianza de pH en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 137,521, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de pH entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	5,02333	X
5	3	5,12667	X
10	3	5,15667	X
15	3	5,39333	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	-0,103333	0,0434825
0 - 10	*	-0,133333	0,0434825
0 - 15	*	-0,37	0,0434825
5 - 10		-0,03	0,0434825
5 - 15	*	-0,266667	0,0434825
10 - 15	*	-0,236667	0,0434825

* indica una diferencia significativa.

ANEXO I. Análisis estadístico de Acidez titulable del banano

Tabla ANOVA para ACIDEZ TITULABLE por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0255417	3	0,00851389	60,06	0,0000
Intra grupos	0,000992276	7	0,000141754		
Total (Corr.)	0,0265339	10			

La tabla ANOVA descompone la varianza de ACIDEZ TITULABLE en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 60,0612, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de ACIDEZ TITULABLE entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para ACIDEZ TITULABLE por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	3	0,267694	X
10	3	0,28901	X
5	2	0,364717	X
0	3	0,379103	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5		0,0143854	0,0257004
0 - 10	*	0,0900925	0,0229871
0 - 15	*	0,111409	0,0229871
5 - 10	*	0,0757071	0,0257004
5 - 15	*	0,0970232	0,0257004
10 - 15		0,0213161	0,0229871

* indica una diferencia significativa.

ANEXO J. Análisis estadístico del recuento de mohos y levaduras del banano

Tabla ANOVA para MOHOS Y LEVADURAS por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3,0854E6	3	1,02847E6	155,83	0,0001
Intra grupos	26400,0	4	6600,0		
Total (Corr.)	3,1118E6	7			

La tabla ANOVA descompone la varianza de MOHOS Y LEVADURAS en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 155,828, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de MOHOS Y LEVADURAS entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para MOHOS Y LEVADURAS por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
10	2	340,0	X
5	2	360,0	X
15	2	400,0	X
0	2	1800,0	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	1440,0	225,56
0 - 10	*	1460,0	225,56
0 - 15	*	1400,0	225,56
5 - 10		20,0	225,56
5 - 15		-40,0	225,56
10 - 15		-60,0	225,56

* indica una diferencia significativa.

ANEXO K. Análisis estadístico de color del banano

Tabla ANOVA para COLOR por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18,9722	3	6,32407	8,43	0,0003
Intra grupos	24,0	32	0,75		
Total (Corr.)	42,9722	35			

La tabla ANOVA descompone la varianza de COLOR en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 8,4321, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de COLOR entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para COLOR por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	9	2,22222	X
15	9	3,77778	X
5	9	3,88889	X
10	9	4,0	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 – 5	*	-1,66667	0,831576
0 – 10	*	-1,77778	0,831576
0 – 15	*	-1,55556	0,831576
5 – 10		-0,111111	0,831576
5 – 15		0,111111	0,831576
10 – 15		0,222222	0,831576

* indica una diferencia significativa.

ANEXO L. Análisis estadístico de textura del banano

Tabla ANOVA para TEXTURA por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	19,6667	3	6,55556	9,83	0,0001
Intra grupos	21,3333	32	0,666667		
Total (Corr.)	41,0	35			

La tabla ANOVA descompone la varianza de TEXTURA en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 9,83333, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de TEXTURA entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para TEXTURA por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	9	2,22222	X
5	9	3,88889	X
15	9	3,88889	X
10	9	4,0	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 – 5	*	-1,66667	0,784018
0 – 10	*	-1,77778	0,784018
0 – 15	*	-1,66667	0,784018
5 – 10		-0,111111	0,784018
5 – 15		0	0,784018
10 – 15		0,111111	0,784018

* indica una diferencia significativa.

ANEXO M. Análisis estadístico de olor del banano

Tabla ANOVA para OLOR por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6,97222	3	2,32407	4,71	0,0078
Intra grupos	15,7778	32	0,493056		
Total (Corr.)	22,75	35			

La tabla ANOVA descompone la varianza de OLOR en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4,71362, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de OLOR entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para OLOR por CLORURO

<i>CLORUR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	9	3,11111	X
5	9	3,66667	XX
10	9	3,88889	X
15	9	4,33333	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5		-0,555556	0,674248
0 - 10	*	-0,777778	0,674248
0 - 15	*	-1,22222	0,674248
5 - 10		-0,222222	0,674248
5 - 15		-0,666667	0,674248
10 - 15		-0,444444	0,674248

* indica una diferencia significativa.

ANEXO N. Análisis estadístico de sabor del banano

Tabla ANOVA para SABOR por CLORURO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18,8889	3	6,2963	10,54	0,0001
Intra grupos	19,1111	32	0,597222		
Total (Corr.)	38,0	35			

La tabla ANOVA descompone la varianza de SABOR en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 10,5426, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de SABOR entre un nivel de CLORURO DE CALCIO y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias fueron significativamente diferentes de otras, se seleccionó la Prueba de Múltiples Rangos LSD.

Pruebas de Múltiple Rangos para SABOR por CLORURO

<i>CLORURO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	9	2,11111	X
5	9	3,55556	X
10	9	3,66667	X
15	9	4,0	X

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 5	*	-1,44444	0,742061
0 - 10	*	-1,55556	0,742061
0 - 15	*	-1,88889	0,742061
5 - 10		-0,111111	0,742061
5 - 15		-0,444444	0,742061
10 - 15		-0,333333	0,742061


* indica una diferencia significativa.

11. MATERIAL COMPLEMENTARIO

Evidencia fotográfica del análisis sensorial



Ficha técnica del cloruro de calcio

	CERTIFICADO DE ANÁLISIS	Código: GT-P-39
		Fecha: 20/07/2017
	Versión: 02	Página: 1 de 1

CERTIFICADO DE ANALISIS Cloruro de Calcio -KIL

Código: MP10330090
Numero Lote: ODS2018020
Numero Lote del fabricante: CC2310118
Fecha Actualización: MAR/12/2018
F. Vencimiento: ENE/30/2020

Análisis Químico No. de Lote: CC2310118 FECHA VENCIMIENTOS ENERO 2020

Descripción	Mínimo	Máximo	Valor	Medida
CaCl ₂ , PUREZA	93.000		95.156	%
HUMEDAD		4.000	1.575	%
MAGNESIO Y SALES ALCALINAS		6.000	2.681	%
OTRAS IMPUREZAS		0.400	0.311	%

Análisis Físico

Descripción	Mínimo	Máximo	Valor	Medida
MALLA USS # 6 ACUM	0.000	10.000	1.960	%
MALLA USS # 16 ACUM	40.000	100.000	94.560	%
MALLA USS # 20 ACUM	85.000	100.000	95.000	%

Nota: Los resultados reportados en el presente certificado son tomados de la información suministrada por nuestro proveedor, por lo tanto, se fundamentan en sus técnicas de análisis. Esta información no exime al comprador de realizar sus propios análisis.

Reporte de resultados de análisis microbiológicos



INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA

Código LSPC4DR-EDI-FOR-MBAI-001

GOBERNACIÓN DEL
CESAR

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Versión: 01
Fecha: 2017-11-31
Página: 1 de 1

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

RECIBIDO POR: CLAYNA MOLINA CERVANTES ESTUDIANTE NE-1111111111		CONTROL DE MUESTRA N°: 2019-016
ACREDITADA: UNIFICADA POPULAR DEL CESAR		
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1		FECHA DE RECIBO: 2019-05-23
CANTIDAD RECIBIDA: 10 g		FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-05-23
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA: TIRAS DE PORN EL SOCCITANTE.		FECHA DE ANALISIS: 2019-06-23
DEPARTAMENTO: CESAR	MUNICIPIO: VALLEDUPAR	CORREGIMIENTO:

ROTULACION

NOMBRE DEL PRODUCTO:	BAKANO (10) Tratamiento 0.
EMPRESA FABRICANTE:	NA
DIRECCION:	NA
REGISTRO SANITARIO	NA
FECHA DE VENCIMIENTO	NA
CODIGO O NUMERO DE LOTE	NA
CONTENIDO DECLARADO:	NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Fruta completa; Bolsa plástica; Temperatura 22°C

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	**ESPECIFICACIONES
RECuento de MOHOS Y LEYADURAS	ICMSF	2015-06-23	100 UFC/g	

**Según la norma: NESTUCO; SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA


F.E.E: Fecha de Ejecución de Ensayo

CONCLUSIONES

Para la muestra del producto recibida y analizada en el laboratorio, NO SE EMITE CONCEPTO Proyecto de investigación, parámetros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-06-04


Analista de Microbiología LSP


Validado por Líder Técnico LSP
Profesional Uniautónoma



**INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA**

Código LSPC IOR-EDI-FOR-MBAL-001

GOBERNACIÓN DEL
CESAR

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Versión: 01
Fecha: 2017-10-31
Página: 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: TALLERES UNIA (FRUANTES); ESTUDIANTE INGENIERA AGRONÓMICA AL UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR		CONTROL DE MUESTRA N°: 2019-0161
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1		FECHA DE RECEPCION: 2019-09-20
CANTIDAD RECIBIDA: 120g		FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-09-20
DIRECCIÓN DE TOMA DE MUESTRA: TALLERES UNIA (FRUANTES)		FECHA DE ANÁLISIS: 2019-09-23
DEPARTAMENTO: CESAR	MUNICIPIO: VALLEDUPAR	CORREGIMIENTO:

ROTULACIÓN

NOMBRE DEL PRODUCTO:	BANANO (M); Tratamiento 9;
EMPRESA FABRICANTE:	NA
DIRECCIÓN:	NA
REGISTRO SANITARIO:	NA
FECHA DE VENCIMIENTO:	NA
CODIGO O NUMERO DE LOTE:	NA
CONTENIDO DECLARADO:	NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Fruta completa; Bolsa plástica Temperatura 21°C

ENBAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
RECUEJTO DE MOHOS Y LEVADURAS.	ICMSF	2019-09-23	1,00 UFC/g	

*Según la norma: (ESTUDIO) SOLICITADO DE LA PARTE INTERESADA


F.E.E: Fecha de Ejecución de Ensayo

CONCLUSIONES:

Para la muestra del producto recibida y analizada en el laboratorio, NO SE EMITE CONCEPTO Proyecto de investigación parámetros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-09-04


Analista de Microbiología LSP

Validado por: 
Profesional Universitario LSP



GOBERNACIÓN DEL
CESAR

**INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA**

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Código: LSPC-IDR-EDI-FOR-MBAL-001

Versión: 01
Fecha: 2017-10-31
Página: 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA Y DE INNOVACIÓN
REGIONAL UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR CONTROL DE MUESTRA N° 2019-06-20
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: FECHA DE RECIBO: 2019-06-20
CANTIDAD RECIBIDA: 121g FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-06-20
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA: INVIAJO POR EL SOLICITANTE FECHA DE ANALISIS: 2019-06-21
DEPARTAMENTO: CESAR MUNICIPIO: VALLEPARAÍSO CORREGIMIENTO:

ROTULACION

NOMBRE DEL PRODUCTO: BARANO (1L) Tratamiento 1
EMPRESA FABRICANTE: NA
DIRECCION: NA
REGISTRO SANITARIO: NA
FECHA DE VENCIMIENTO: NA
CODIGO O NUMERO DE LOTE: NA
CONTENIDO DECLARADO: NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Flaca compacta, Bolsa plástica Temperatura 21.6°C

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
RECuento de Mohr y Levaduras	ICMSF	2019-06-23	20 U/Ly	

*Según la norma (ESTUDIO) SE OBTIENE DE LA PARTE INTÉGRA-SALA
F.E.E. Fecha de Emisión del Ensayo

CONCLUSIONES:

Para la muestra del producto recibida y analizada en el laboratorio, NO SE EMITE CONCEPTO. Proyecto de investigación, parámetros específicos por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-06-04

Analista de Microbiología LSP

Validado por L de Técnico LSP
Profesional 001015 0360



GOBERNACIÓN DEL
CESAR

INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Código: LSPE-IDR-FDI-FOR-MBAL-001

Versión: 01
Fecha: 2019-08-04
Página: 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: HIRANA MÓNICA CERVANTES ESTUDIANTE TECNICA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR CONTROL DE MUESTRA N°: 2019-0153
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1 FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-08-20
CANTIDAD RECIBIDA: 120 g FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-08-20
DIRECCIÓN DE TOMA DE MUESTRA: TRAFICO COMERCIAL SOLICITANTE FECHA DE ANALISIS: 2019-08-23
DEPARTAMENTO: CESAR MUNICIPIO: VALPARAISO CORREGIMIENTO:

ROTULACION

NOMBRE DEL PRODUCTO: BANANO (10) Tratamiento 1
EMPRESA FABRICANTE: NA
DIRECCIÓN: NA
REGISTRO SANITARIO: NA
FECHA DE VENCIMIENTO: NA
CODIGO O NUMERO DE LOTIF: NA
CONTENIDO DECLARADO: NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Tula completa, Bolsa plástica Temperatura 22 °C

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
RECUBRTO DE MOFOS Y LEVADURAS	ICMSF	2019-08-23	00 / 00	

*Según la norma (INSTITUCIÓN) SOLICITADA LA PARTE INTERESADA F.E.E Fecha de Ejecución de Proyecto

CONCLUSIONES

Para la muestra del producto recibida y analizada en el laboratorio, NO SE EMITE CONCEPTO Proyecto de investigación, parámetros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-08-04

Analista de Microbiología LSP

Validado por Líder Técnico LSP Prácticas Universidad



**INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA**

Código: SPC IDR-EDI-FOR MBAL-001

GOBERNACIÓN DEL
CESAR

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Versión: 0-
Fecha: 2019-10-31
Página: 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: MILANA MOLINA CERVANTES, ESTUDIANTE INGENIERA
AGRONOMÍA (UNIVERSIDAD PONTIFICIA DEL CESAR)
M DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1
CÓDIGO DE MUESTRA N°: 2019-0154
FECHA DE RECEPCION: 2019-05-20
CANTIDAD RECIBIDA: 100 g
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-05-20
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA: TRAFICADOR FI SOLO TANIP
FECHA DE ANALISIS: 2019-06-25
DEPARTAMENTO: CESAR
MUNICIPIO: VALLEDUPAR
CORREGIMIENTO:

ROTULACION

NOMBRE DEL PRODUCTO: BANANO (Z). (Guatemala)
EMPRESA FABRICANTE: NA
DIRECCION: NA
REGISTRO SANITARIO: NA
FECHA DE VENCIMIENTO: NA
CONTENIDO NUMERO DE LOTES: NA
CONTENIDO DECLARADO: NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Fruta completa Balsa plástica Temperatura 21°C

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
RECuento de MOHOS Y LEVADURAS	CMST	2019-06-25	0 CFU/g	

*Según la norma: FERTILIZACIÓN QUÍMICA DEL CULTIVO DE LA PARTE INTERESADA
F.E.E. Fecha de Ejecución del Ensayo

CONCLUSIONES.

Para la muestra de producto recibida y analizada en el laboratorio, NO SE EMITE CONCEPTO. Proyecto de investigación parámetros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-06-24

Analista de Microbiología LSP

Validado por: Líder Técnico LSP
Proceso de Mejoramiento



**INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA**

Código: LSPC-001-UI-FOR-MBAL-001

GOBERNACIÓN DEL
CESAR

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Versión: 01
Fecha: 2017-10-31
Página: 1 de 2

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: (EMPRESA) MANFRANES ESTUARTE INGENIERIA ASOCIACION CIVIL UNIVERNIDAD POPULAR DEL CESAR	CONTROL DE MUESTRA N°: 2019-0163
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1	FECHA DE RECIBO: 2019-05-20
CANTIDAD RECIBIDA: 100 g	FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-05-20
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA: TRAJIDO POR EL SOLICITANTE	FECHA DE ANALISIS: 2019-05-23
DEPARTAMENTO: CESAR	MUNICIPIO: VALENCIANA
	CORRESPONSABLE:

ROTULACION

NOMBRE DEL PRODUCTO	BANANO (2) 1/2 Litro (unido 2)
EMPRESA FABRICANTE	NA
DIRECCION	NA
REGISTRO SANITARIO	NA
FECHA DE VENCIMIENTO	NA
CODIGO O NUMERO DE LOTE	NA
CONTENIDO DECLARADO	NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Envase completo, Bolsa plástica. Temperatura 23°C

LEYENDA MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	FECHA	INDICADOR	ESPECIFICACIONES
RECUENTO DE HONGOS Y LEVADURAS	INSEF	2019-05-23	100-100 g	


**Segun la norma ICSTJ001, SO. ENTIO DE LA PARTE INTERESADA
F.E.E Fecha de Ejecución de Envase

CONCLUSIONES:

Para la muestra de producto recibida y analizada en el laboratorio NO SE EMITE CONCEPTO. Proyecto de investigación, parametros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-05-04


Analista de Microbiología LSP


Validado por Líder Técnico LSP
Profesional Uniaffiliado



GOBERNACIÓN DEL
CESAR

INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA

Código: I-SPC-IDR-EDI-FOR-MRAI-001

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Versión: 01
Fecha: 2019-05-23
Página: 1 de 1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: LILIANA MOLINA CERVANTES ESTUDIANTE INGENIERO
AGROINDUSTRIA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1 CONTROL DE MUESTRA N° 2019-0156
CANTIDAD RECIBIDA: 100 g FECHA DE RECIBO: 2019-05-20
DIRECCIÓN DE TOMA DE MUESTRA: TRAFICO POR EL SOUCCO TANTE FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-05-20
DEPARTAMENTO: CESAR MUNICIPIO: VILLAVIEJA CORREGIMIENTO: CORREGIMIENTO

ROTULACIÓN

NOMBRE DEL PRODUCTO: BANANO (D) - Inst. San. No. 3.
EMPRESA FABRICANTE: NA
DIRECCIÓN: NA
REGISTRO SANITARIO: NA
FECHA DE VENCIMIENTO: NA
CODIGO O NUMERO DE LOTE: NA
CONTENIDO DECLARADO: NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

7 ruta completa, Bolsa plástica, Temperatura 22°C

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
RECUPENTO DE MOHOS Y LEVADURAS	CRSF	2019-05-23	OK (100)	

**Según la norma, ESTUDIO SCIENTÍFICO DE LA PARTE INTERESADA
F.E.E. Fecha de Ejecución del Ensayo

CONCLUSIONES

Para la muestra del producto recibida y analizada en el laboratorio NO SE EMITE CONCEPTO Proyecto de investigación parámetros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-06-04

ANEXO DE MICROBIOLOGÍA LSP

Validado por Líder Técnico LSP
Protección Universitaria



**INFORME DE RESULTADOS
MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS DE
ALIMENTOS Y AGUA ENVASADA**

Código: LSPC-IDR-COI-FOR-MBAL-001

GOBERNACIÓN DEL
CESAR

LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

Version: 01
Fecha: 2019-05-21
Página: 1 de 1

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

REMITIDO POR: CLAY MOJICA CEPYANTES, ESTUDIANTE INGENIERIA
ADMINISTRATIVA, UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
CONTROL DE MUESTRA N°: 2019-05-21
N° DE MUESTRAS RECIBIDAS: 1
FECHA DE RECIBO: 2019-05-20
CANTIDAD RECIBIDA: 127 g
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-05-20
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA: TRAJIDO POR EL SOLICITANTE
FECHA DE ANALISIS: 2019-05-21
DEPARTAMENTO: CESAR
MUNICIPIO: VALLEDUPAR
CONCEJMENTO:

ROTULACION

NOMBRE DEL PRODUCTO: BANANO (TJ), Tratamiento 3
EMPRESA FABRICANTE: NA
DIRECCION: NA
REGISTRO SANITARIO: NA
FECHA DE VENCIMIENTO: NA
CODIGO O NUMERO DE LOTE: NA
CONTENIDO DECLARADO: NA

ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

Fruta completa, Bolsa plástica Temperatura 21°C

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	DOCUMENTO NORMATIVO	F.E.E	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
RECLENTO DE MÓDOS Y (EVADURAS)	ICMSI	2019-05-20	2019-05-20	

*Segun la norma: (ESTUDIO) SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA
F.E.E: Fecha de Ejecución de Ensayo

CONCLUSIONES

Para la muestra del producto recibida y analizada en el laboratorio, NO SE EMITE CONCEPTO. Proyecto de Investigación, parametros solicitados por la parte interesada

Fecha del Informe: 2019-05-04

Analista de Microbiología LSP

Validado por: Líder Técnico LSP
Profesional Universitario

INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO (CaCl₂) COMO RETARDANTE EN LA MADURACIÓN DEL BANANO (*Musa acuminata*) DE RECHAZO VARIEDAD CAVENDISH.

INFLUENCE OF CALCIUM CHLORIDE (CaCl₂) AS A RETARDANT IN THE RIPENING OF BANANA (*Musa acuminata*) OF CAVENDISH REJECTION.

Liliana Molina¹, Maida Ramírez¹, Rosmiro Peña¹

Programa de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingenierías y Tecnológicas,
Universidad Popular del Cesar, Sede Sabanas, Valledupar, Colombia

Resumen

El banano es una de las frutas más producidas y consumidas en Colombia, dicha producción está sometida a grandes estándares de calidad para cumplir con las normas exigidas, donde se tiene en cuenta su estado de madurez adecuado. Buscando prolongar la vida de anaquel del banano de rechazo y ofrecer una mejor calidad del producto hasta llegar al consumidor final se evaluó la influencia del cloruro de calcio (CaCl₂) sobre la vida útil del banano (*Musa acuminata*) de rechazo variedad Cavendish. Los bananos fueron sometidos a inmersión en concentraciones distintas de cloruro de calcio (CaCl₂) donde se evaluaron la intensidad respiratoria y fisicoquímicos, se observó que la inmersión de los bananos en CaCl₂ influyo de manera positiva en la tasa de respiración en comparación con el testigo, la solución con un 15% de CaCl₂ presento los mejores valores con respecto a las variables de pérdida de peso, °Brix, firmeza y pH, y la mayor tasa de respiración a los 10 días de almacenamiento. En cuanto a la comparación con el KMnO₄, la pérdida de peso, la acidez, la firmeza y el pH fueron mayores para los bananos tratados con CaCl₂, el pH y la reparación fueron más apto

para los bananos tratados con KMnO_4 . El CaCl_2 actuó de manera favorable en las propiedades fisicoquímicas del banano como son pérdida de peso, sólidos solubles, acidez, pH y color, por lo que se puede utilizar en los tratamientos postcosechas de este fruto.

Palabras clave: banano, calidad, cloruro de calcio, maduración, fisicoquímicas, respiración.

ABSTRACT

Banana is one of the most produced and consumed fruits in Colombia, said production is subject to high quality standards to meet the required standards, where its adequate ripeness is taken into account. In order to prolong the shelf life of the rejection banana and offer a better quality of the product until reaching the final consumer, the influence of calcium chloride (CaCl_2) on the shelf life of the Cavendish variety rejection banana tree (*Musa acuminata*) was evaluated. The bananas were subjected to immersion in different concentrations of calcium chloride (CaCl_2) where respiratory and physicochemical intensity were evaluated, it was observed that the immersion of bananas in CaCl_2 positively influenced the respiration rate compared to the control, The solution with 15 CaCl_2 presented the best values with respect to the variables of weight loss, ° Brix, firmness and pH, and the highest respiration rate after 10 days of storage. As for the comparison with KMnO_4 , weight loss, acidity, firmness and pH were higher for bananas treated with CaCl_2 , pH and repair were more suitable for bananas treated with KMnO_4 . CaCl_2 acted favorably on the physicochemical properties of bananas such as weight loss, soluble solids, acidity, pH and color, so it can be used in post-harvest treatments of this fruit.

Keywords: banana, quality, calcium chloride, ripening, physicochemical, breathing.

1.INTRODUCCIÓN

El cultivo y exportación del banano Cavendish es una de las actividades económicas agrícolas más tradicionales en Colombia. Originalmente establecidas en el departamento del Magdalena esta cadena productiva se extendió y fortaleció en la región del Urabá Antioqueño en sus eslabones de producción y comercialización de la fruta fresca como los servicios de apoyo pertinentes con destino al mercado internacional [1]. Actualmente se cuenta con tres zonas productoras de banano para exportación que son Urabá, Magdalena y La Guajira [2]. Para el año 2017, en la zona del Urabá se sembraron 34.789 Ha y, en el Magdalena y La Guajira (14.518 Ha), las cuales produjeron 98,4 millones de cajas (cajas de 20 kg) que representaron un valor de \$ 850 millones de dólares en exportaciones. Los principales mercados del banano fueron los países miembros de la Unión Europea que participaron con el 69% de las exportaciones, para un total de 67.952.960 de cajas. Es importante tener en cuenta que con el BREXIT el total de cajas exportadas en 2017 a Reino Unido ya no hacen parte de la sumatoria para la UE [3].

Colombia ha tenido una relativa larga tradición como productora y exportadora neta de banano de exportación tipo Cavendish Valery. La agroindustria bananera se ha desarrollado como una cadena agroexportadora tradicional, generando importantes divisas para el país, manteniendo su posición como exportadora neta, después del café y las flores. [4]

En el Magdalena hay 781 unidades de producción agropecuaria de banano que abarcan 14.076 hectáreas sembradas, de las cuales 12.950 están en producción, según el tercer censo nacional Agropecuario realizado en el 2014 [2].

La producción del banano se rige por un estricto control de tiempos que garantiza que una vez la fruta arribe al consumidor internacional, su estado de madurez sea el óptimo requerido. De ahí el banano de rechazo. Teniendo en cuenta que la producción del banano es muy alta y que no todos cumplen con la óptima calidad para ser exportados, se genera así una gran cantidad de banano de rechazo. Se pretende establecer una alternativa que retarde la

maduración de este mismo prolongando así su vida útil. Para esto se plantea la utilización de Cloruro de Calcio (CaCl_2) por inmersión en soluciones de diferentes concentraciones, partiendo de que las aplicaciones del calcio en postcosecha mantienen la turgencia celular, firmeza de los tejidos y el retardo del catabolismo de lípidos de membrana y como consecuencia se extiende la vida de almacenamiento (Ciccarese *et al.*, 2013), por lo tanto es útil para mantener la firmeza, de igual manera reduce la incidencia en enfermedades por patógenos y para prevenir el desarrollo de trastornos fisiológicos lo que es relevante para la comercialización debido a su impacto económico y la creciente demanda de consumo.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Materiales y reactivos.

La fruta del banano variedad Cavendish (35 kg, aproximadamente) se obtuvo en el mercado público de la ciudad de Valledupar en los puntos de venta mayorista de la fruta que proviene de la zona bananera del Magdalena y La Guajira. Como punto de partida se tomaron los bananos en la etapa de madurez 1 estos fueron transportados a la planta piloto de vegetales de la Universidad Popular del Cesar. El NaOH (Merk, Darmstadt, Alemania), KOH (Carlo Erba, Rodano, Italia), $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (Merk, Darmstadt, Alemania), $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (Merk, Darmstadt, Alemania) y demás reactivos fueron de grado analítico.

2.2. Procedimiento

2.2.1. Muestreo y adecuación de la materia prima.

La fruta se sometió a una selección, clasificación y a un lavado y desinfección en una solución de hipoclorito de sodio (50 ppm) por tres minutos, pasado este tiempo se dejó secar a temperatura ambiente, para adecuarla a las condiciones de almacenamiento refrigerado y de esta manera tener las condiciones mínimas para la toma de muestra de los análisis en la presente investigación que se realizó en las instalaciones de la Universidad Popular del Cesar.

2.2.2. Dosificación del cloruro de calcio (CaCl₂)

La fruta se sumergió en las diferentes soluciones de cloruro de calcio de acuerdo al tratamiento, por un tiempo de 50 minutos a temperatura ambiente. Terminado el periodo de inmersión, las frutas fueron secadas a temperatura ambiente por un tiempo de 30 minutos, posteriormente embaladas y almacenadas en el cuarto frío a una temperatura comercial de maduración de $19 \pm 1^\circ\text{C}$, luego se tomaron muestras a los días 0,5, 10,15 y 20 días para de los respectivos análisis.

2.2.3. Determinación de la Intensidad respiratoria

La intensidad respiratoria del banano de rechazo variedad Cavendish fue determinada acorde al método descrito por Márquez, Otero & Córtez (2007) expresado como $\text{mg de CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, que se fundamenta en la modificación del método químico de Pettenkoffer, el cual consistió en introducir los frutos en una cámara de respiración hermética, posteriormente se neutralizó el CO_2 producido por los frutos en una hora, en relación al peso.

2.2.4. Análisis Físicoquímicos

Se tomaron $10,0000 \pm 0,0001$ g de pulpa de banano y se licuaron con 100 ml de agua destilada para realizar las pruebas de pH (10.041/84 de la A.O.A.C), acidez titulable expresada como ácido málico (A.O.A.C. 942.15/90 adaptado), sólidos solubles totales (A.O.A.C 22.024), pérdida de peso (gravimetría), color de la cascara (comparación con la tabla Escalante-Minakata et al. 2013), firmeza (penetrometría expresado en Kg_f/cm^2).

2.2.5. Comparación con otra de técnica de conservación

El mejor tratamiento obtenido fue comparado con el método de conservación usando permanganato de potasio como agente absorbente de etileno. La metodología usada fue acorde a lo reportado por García, Balaguera & Herrera (2012). Para la aplicación de este método se usó el mejor tratamiento obtenido de la misma investigación, el cuál fue 1% vermiculita y 1,5% de KMnO_4 . La arcilla (vermiculita) y el KMnO_4 se calcularon teniendo en cuenta el peso fresco de los frutos, se mezclaron uniformemente y se empacaron en sobres de celulosa. Los bananos fueron empacados junto con la mezcla (vermiculita y KMnO_4) en

bolsas de polietileno de baja densidad. Los frutos se almacenaron en condiciones ambientales a 18°C.

2.2.6. Análisis sensorial

Consistió en un panel de degustación, con miembros no entrenados. Los análisis se realizaron el día que la fruta se presentó en la etapa de madurez 5, donde se hizo la comparación con respecto al olor, sabor, color y textura con 20 panelistas no entrenados en la Universidad Popular del Cesar dentro del Centro de Investigación para el Desarrollo de la Ingeniería CIDI.

2.2.7. Análisis Microbiológicos

Se realizaron pruebas de recuento de moho y levaduras a las muestras el a los 20 días de almacenamiento, en los laboratorios de microbiología de la Secretaria de Salud Departamental.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Intensidad Respiratoria

Tabla1. Tasa de respiración de los bananos con y sin tratamiento con CaCl₂ a los 20 días de almacenamiento

Tratamiento	Tasa de respiración (mg CO ₂ /kg.h)
T ₀ (Testigo)	52,38 ± 0,16 ^a
T ₁ (5%)	42,67 ± 1,64 ^b
T ₂ (10%)	40,98 ± 0,02 ^{cb}
T ₃ (15%)	40,05 ± 0,44 ^c

La inmersión de los bananos en soluciones de CaCl₂ influyó de manera significativa ($p < 0,05$) en la tasa de respiración en comparación con el testigo (T₀), presentándose la menor tasa de respiración a los 20 días de almacenamiento en los bananos tratados con las soluciones de CaCl₂ 10 y 15% con valores de 40,98 y 40,05 mg CO₂/kg.h, respectivamente, como se

observa en la tabla 1. y la mayor tasa de respiración para el testigo (52,38 mg CO₂/kg.h). En la figura 1 se puede observar que a los 5 días de almacenamiento se presentó la mayor tasa de respiración para: T₀ (68,03 mg CO/kg.h), T₁ (61,65 mg CO/kg.h y T₂ (59,57 mg CO₂/kg.h), mientras que T₃ presentó su mayor tasa de respiración (53,25 mg CO/kg.h) a los 10 días de almacenamiento. Este comportamiento puede deberse al estado del calcio en los tejidos afectando parámetros como la respiración y la fluidez de la membrana [5]; [6]. El comportamiento de la tasa de respiración de los tratamientos de la presente investigación fue similar al reportado por [7] para mangos Tommy Atkins.

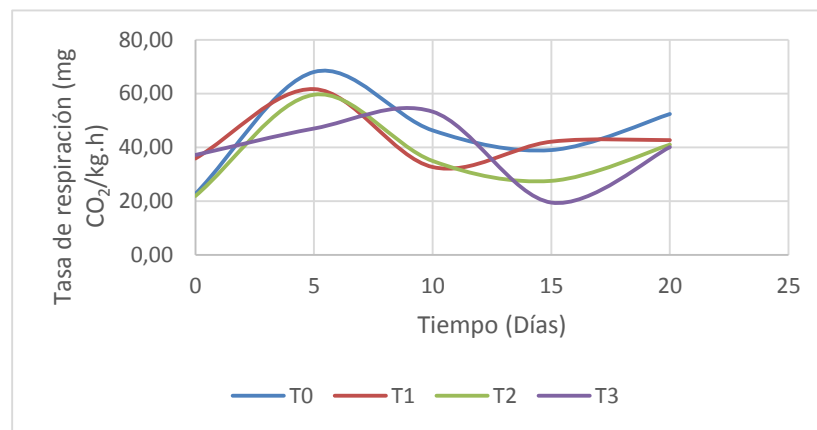


Figura 1. Comportamiento de la respiración durante 20 días de almacenamiento a 19 ± 1 °C.

3.2. Análisis fisicoquímicos a los bananos tratados con CaCl₂

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de los bananos tratados con cloruro de calcio

Tratamiento	Pérdida de peso (%)	Firmeza (kgf/cm ²)	Sólidos solubles totales (°Brix)	pH	Acidez titulable (%)
T ₀ (testigo)	17,01 ± 1,20 ^b	1,4 ± 0,1 ^c	13,1 ± 0,1 ^a	5,02 ± 0,01 ^c	0,379 ± 0,011 ^b
T ₁ (5%)	16,54 ± 0,31 ^b	2,4 ± 0,1 ^b	10,6 ± 0,1 ^b	5,12 ± 0,01 ^b	0,354 ± 0,002 ^b
T ₂ (10%)	13,59 ± 1,41 ^c	2,6 ± 0,2 ^b	10,2 ± 0,2 ^c	5,15 ± 0,02 ^b	0,289 ± 0,003 ^c
T ₃ (15%)	12,32 ± 0,44 ^c	2,5 ± 0,1 ^b	10,2 ± 0,1 ^c	5,39 ± 0,03 ^a	0,257 ± 0,018 ^c

Las medias y las desviaciones con letras diferentes (a-c) en una misma columna presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) mediante la prueba LSD.

-Pérdida de peso

La pérdida de peso (PP) entre los tratamientos presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) siendo la PP iguales para los bananos sin tratar (testigo) y los tratados con una la solución al 5%, de cloruro de calcio (CaCl₂), estos valores fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) a los PP obtenidos con los bananos tratados con soluciones de CaCl₂ a las concentraciones de 10 y 15%. Como se ve a medida que aumentaba la concentración de CaCl₂ con respecto a los bananos sin tratar (testigo), la PP disminuía (de 17,01 a 12,32 %), esto se puede deber a la influencia positiva que tiene el cloruro de calcio sobre la velocidad de la pérdida de peso en forma de vapor de agua, ya que disminuye los procesos respiratorios de la fruta y por ende se refleja en una menor pérdida de masa de fruta fresca [8]. Este comportamiento fue similar para la conservación de la fresa con CaCl₂ reportado por [6], [9] y [10], para el caso de la feijoa, mango y banano, respectivamente.

-La firmeza

La firmeza de los bananos sin tratar (T_0) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los bananos tratados con CaCl_2 a las diferentes concentraciones (5, 10 y 15%), siendo la firmeza a los 20 días de almacenamiento mayor a la del testigo, las cuales no presentaron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí. En general, la firmeza disminuyó a medida que transcurrían los días de almacenamiento para los tratamientos con CaCl_2 , sin embargo fue mayor que los bananos sin tratar (testigo). La disminución en la tasa de degradación de la firmeza de los frutos está asociada con la hidrólisis de sustancias pépticas y la hemicelulosa, la cual debilita la pared celular y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas. Este comportamiento puede estar asociado al efecto del cloruro de calcio, y en particular al ion de calcio [3]. Esto fue similar a lo reportado por [12], [8], [6], [9] [11] y [5] para la inmersión de Fresa, feijoa, mora, mango y ciruela, respectivamente.

-Sólidos solubles totales

La inmersión de los bananos en soluciones de CaCl_2 (5, 10 y 15%) influyó de manera significativa ($p < 0,05$) el contenido de sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$), siendo mayor en el testigo T_0 (13,10) seguido T_1 (10,63) y por último T_2 y T_3 (10,27), los cuales no presentaron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí. A medida que aumentó la concentración de CaCl_2 (0 a 15%) los $^\circ\text{Brix}$ disminuyeron sin presentar diferencias entre las soluciones del 10 y 15%. Esto puede deberse al efecto del cloruro de calcio sobre la maduración del fruto, ya que disminuye la velocidad con que se da la hidrólisis del almidón presente en el fruto. Este comportamiento fue similar al reportado por [9], [6] [8] y [10], quienes reportaron que aunque los $^\circ\text{Brix}$ aumentaron durante el tiempo de almacenamiento, este fue menor al presentado en los frutos sin tratar con Cloruro de Calcio.

-pH

El pH de los bananos sin tratar (testigo) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al de tratado con cloruro de calcio (5, 10 y 15%), siendo el pH menor en los bananos

sin tratar (5,02), seguido de los bananos tratados con 5 y 10% (5,13 y 5,16 respectivamente), por último de los tratados con la solución de 15% de cloruro de calcio con (5,39). Aunque el pH tuvo variaciones durante los días de almacenamiento, al final se puede observar, que a medida que aumentaba la concentración de CaCl_2 , el pH final fue mayor que en el testigo, esto debido a que en los bananos tratados con CaCl_2 , la tasa de conversión de los azúcares en ácidos orgánicos fue menor por efecto del mismo cloruro de calcio en la disminución del metabolismo activo de la fruta [13]. En general, el pH para todos los tratamientos tuvo un comportamiento descendente al transcurrir el tiempo de almacenamiento, esto debido a la producción de ácidos orgánicos en los distintos tratamientos por el proceso de maduración [3].

-Acidez titulable





















La inmersión de bananos en soluciones de cloruro de calcio influyó de manera significativa ($p < 0,05$) en la acidez de los mismos, presentado T_0 y T_1 valores similares ($p \geq 0,05$) de acidez titulable a los 20 días de almacenamiento, sin embargo estos valores fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) a los obtenidos con los bananos tratados con las soluciones del 10 y 15%, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sí. La acidez aumentó en todos los tratamientos en el transcurso de los días de almacenamiento, siendo menor la acidez en los bananos tratados con cloruro de calcio en comparación con los bananos sin tratar (testigo). Esto está relacionado, al igual que con el pH a la producción de ácidos orgánicos, durante la maduración de los bananos, la cual es menor en los bananos tratados por el efecto del CaCl_2 [13].

-Color

Como se puede observar en la tabla 3 a los 20 días de almacenamiento los bananos sin tratamiento de CaCl_2 (T_0) y los tratados con 5% CaCl_2 (T_1) se encontraron en la etapa de madurez 8, presentando daños fisiológicos evidentes, mientras que los bananos tratados con 10% y 15% de CaCl_2 presentaron una etapa de madurez 7 y 6 respectivamente, debido a que

presentaban pequeñas manchas oscuras. Esto puede estar relacionado a que el calcio tiene un papel importante en la reducción y el control de los cambios que se dan en los frutos durante la maduración, su efecto es el de retardar los procesos fisiológicos y químicos, tales como la degradación de la clorofila [5]. En general, todos los tratamientos empezaron en la etapa de madurez 1 hasta la etapa 8.

Tabla 3. Escala de observación del color de los bananos con y sin tratamiento CaCl_2

T \ Días	0	5	10	15	20
T_0					
Etapa de madurez	1	3	5	7	8
T_1					
Etapa de madurez	1	2	3	5	8
T_2					
Etapa de madurez	1	2	3	5	7
T_3					
Etapa de madurez	1	2	3	4	6

3.3. 3.4.COMPARACIÓN CON EL MÉTODO DE CONSERVACIÓN USANDO PERMANGANATO DE POTASIO COMO AGENTE ABSORBENTE DE ETILENO

La solución de 15% de CaCl_2 (T_3), fue escogida como el mejor tratamiento este presentó valores similares a los de T_2 (10%) con respecto a las variables de PP, °Brix y firmeza . En la Figura 15 se muestra la comparación de las variables descritas en el parágrafo 7.3.2. para los bananos tratados con la solución de 15% CaCl_2 y con permanganato de potasio (KMnO_4) a los 0, 5, 10 y 15 días de almacenamiento.

La pérdida de peso (PP) para los bananos tratados con KMnO_4 y CaCl_2 fue de 1,54 y 9,23%, respectivamente. La baja PP presentada en los bananos tratados con KMnO_4 puede estar asociada con la baja permeabilidad de la bolsa de polietileno de baja densidad donde fueron empacados los bananos, la cual crea una atmosfera modificada que disminuye la transpiración de vapor de agua [13]. Este comportamiento no ocurrió con los bananos tratados con CaCl_2 , ya que estos fueron empacados en canastas plásticas que no fueron recubiertas con ninguna clase de película plástica. La firmeza a los 15 días de almacenamiento fue mayor en los bananos tratados con CaCl_2 en comparación con los tratados con KMnO_4 con valores 4,40 y 3,10 kg/cm^2 , respectivamente. La mayor firmeza presentada por los bananos con CaCl_2 se puede deber a la capacidad de los iones de calcio para unirse a las sustancias pécticas de la lámina media de la pared celular, como se explico anteriormente. La acidez titulable fue mayor para los bananos tratados con CaCl_2 (0,26%) y así como el pH (5,55) con respecto a los bananos tratados con KMnO_4 (0,20% y 5,29, respectivamente). Esto puede relacionado con la capacidad del permanganato como agente oxidante del etileno, lo cual disminuye el metabolismo de la fruta y la producción de ácidos orgánicos [13] El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) fue mayor en los bananos donde se utilizó el KMnO_4 (16,07) en comparación con los tratados con CaCl_2 (6,30), aunque cabe resaltar que los bananos sumergidos en cloruro presentaron un aumento considerado de los °brix despues de los 15 dias de almacenamiento. En general, el aumento de los solidos solubles totales duarnate el almacenamiento esta asociado a la degradación del almidon en azúcares de bajo peso molecular tales como glucosa y fructosa [3]. Las mayores tasas de

respiración de los bananos tratados con CaCl_2 (53,25 mg $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$) y KMnO_4 (47,24 mg $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$) se dieron a los 10 y 15 días de almacenamiento, respectivamente. Las diferencias entre los días donde se observó las mayores tasas de respiración se puede deber al efecto de ambas sustancias en la producción de CO_2 y etileno, lo cual conlleva a la conversión de cantidades relativamente grandes de carbono en forma de almidón en azúcares más simples causando la maduración organoléptica de la fruta [4].

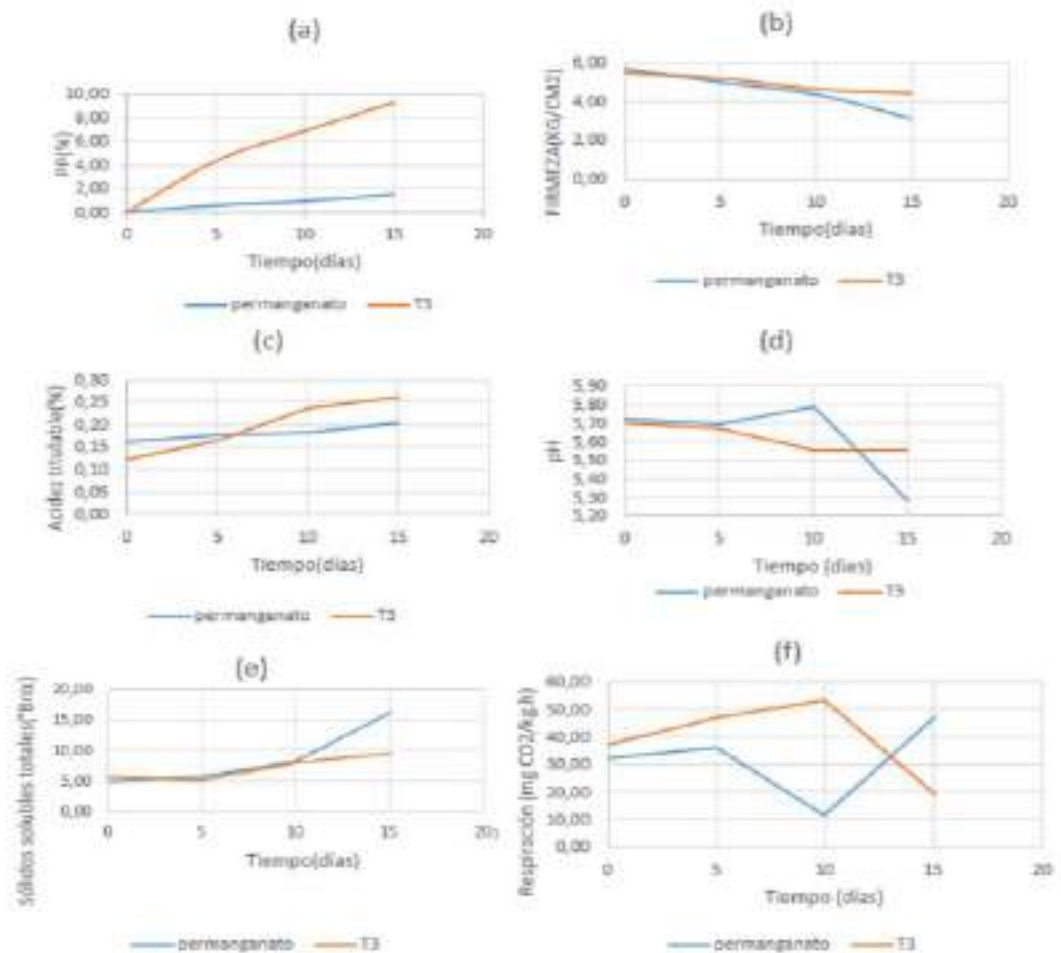


Figura 2. Comportamiento de (a) pérdida de peso (PP) (b) firmeza (c) acidez titulable (d) pH (e) Sólidos solubles totales y (f) respiración entre los bananos tratados con permanganato de potasio (KMnO_4) y cloruro de calcio (CaCl_2) durante 15 días de almacenamiento

La pérdida de peso, la acidez, sólidos solubles y la firmeza fueron mayores para los bananos tratados con CaCl_2 , el pH fue más apto para los bananos tratados con KMnO_4 y con respecto a la respiración el pico climatérico se dio a los 10 y 15 días para el CaCl_2 y KMnO_4 el respectivamente.

3.5. Recuento microbiológico de mohos y levaduras para los bananos con y sin tratamiento de CaCl_2

Los recuentos de mohos y levaduras reportados en los tratamientos presentaron valores menores el índice máximo permisible para identificar un nivel de calidad aceptable ($M=3000$) establecido por la resolución 3929 del 2013, expedida por el ministerio de salud y la protección social.

Tabla 4. Recuento de mohos y levaduras

Tratamiento	Mohos y levaduras (UFC/g)	Valores de referencia (Res. 3929/2013) (Minsalud,2013)
T ₀ (testigo)	1800	1000 – 3000
T ₁ (5%)	360	1000 – 3000
T ₂ (10%)	340	1000 – 3000
T ₃ (15%)	400	1000 – 3000

el mayor recuento se encontró en los bananos sin tratamiento (testigo), mientras que los tratamientos T₁, T₂ y T₃ presentaron valores menores que el testigo, aunque fueron similares entre ellos, esto está relacionado con la capacidad del cloruro de calcio para disminuir la germinación, esporulación y el crecimiento de patógenos ([6], [12], [15]). Estos recuentos reflejan que se llevaron a cabo buenas prácticas de manufactura en la recepción y limpieza de la materia prima.

3.5. Análisis sensorial

El atributo color presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el banano sin tratar (testigo) y los tratados con soluciones de cloruro de calcio del 5,10 y 15%; las cuales no tuvieron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí, donde la calificación fue mayor para los bananos tratados, esto debido a que las inmersiones en cloruro que calcio favorecieron la dispersión de la solución en la superficie de la fruta, evitando reacciones de oxidación que podrían llevar a cambios de color y generación de sabores desagradable [5].

Tabla 5. Características organolépticas de los bananos con y sin tratamiento de cloruro de calcio

	Color	Textura	Olor	Sabor
T ₀ (Testigo)	2,22 ± 0,97 ^c	2,21 ± 0,83 ^c	3,11 ± 0,78 ^c	2,11 ± 0,93 ^c
T ₁ (5%)	3,88 ± 0,75 ^b	3,88 ± 0,93 ^b	3,66 ± 0,70 ^{cb}	3,55 ± 0,88 ^b
T ₂ (10 %)	4,00 ± 0,70 ^b	4,00 ± 0,70 ^b	3,88 ± 0,60 ^b	3,66 ± 0,71 ^b
T ₃ (15%)	3,77 ± 0,97 ^b	3,88 ± 0,78 ^b	4,33 ± 0,70 ^b	4,00 ± 0,50 ^b

Las medias y las desviaciones con letras diferentes (a-c) en una misma columna presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) mediante la prueba LSD.

El atributo color presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el banano sin tratar (testigo) y los tratados con soluciones de cloruro de calcio del 5,10 y 15%; las cuales no tuvieron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre sí, donde la calificación fue mayor para los bananos tratados, esto debido a que las inmersiones en cloruro que calcio favorecieron la dispersión de la solución en la superficie de la fruta, evitando reacciones de oxidación que podrían llevar a cambios de color y generación de sabores desagradable [5].

La textura de los bananos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), teniendo mayor aceptación los tratamientos T₁, T₂ y T₃ sobre los bananos sin tratar (T₀). Este atributo está

relacionado con la firmeza del banano, esta mayor en los bananos tratados con las soluciones de cloruro de calcio, esto debido a las propiedades del calcio en el tratamiento postcosechas de productos hortofrutícolas que es útil para mantener la firmeza mediante la unión de los iones de calcio y las cadenas de pectina aumentando así la fuerza de la pared celular. [15]

Las calificaciones de los panelistas no entrenados con respecto al olor tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, presentándose valores similares entre T_0 (testigo) y T_1 (5%), mientras que T_2 (10%) y T_3 (15%) obtuvieron mayores calificaciones que T_0 , pero similares a T_1 . Como se puede observar, los bananos tratados con cloruro de calcio tuvieron una mejor aceptación que el banano sin tratar, esto puede estar influenciado por el efecto del calcio en la maduración del fruto [5] como también en la percepción de los aromas por parte de los receptores olfativos de los panelistas no entrenados [6].

La calificación del atributo sabor tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo mayor los tratados con cloruro de calcio en comparación con el testigo. Este comportamiento puede estar relacionado con la disminución de la acidez titulable por parte del cloruro de calcio, por ende tuvieron la mejor aceptación por parte de los panelistas no entrenados, ya que los ácidos orgánicos son importantes por su capacidad de suministrar un balance azúcar-acido deseable, que da como resultado un sabor y aroma agradable durante la maduración ([18]).

4. CONCLUSIONES

El uso de cloruro de calcio logró disminuir significativamente ($p < 0,05$) la intensidad respiratoria de los bananos de rechazo variedad Cavendish en comparación con los bananos testigo, donde se observó que a medida que se aumenta la concentración de cloruro la intensidad respiratoria disminuye. La inmersión de los bananos en soluciones de 10% y 15% de cloruro de calcio permitió obtener la menor pérdida de peso, sólidos solubles totales y acidez titulable en comparación con los bananos testigos (T_0). El uso de cloruro de calcio retardó la pérdida, aumento el pH, en comparación con el testigo. Al comparar T_3 (15%

CaCl₂) con el método utilizando permanganato de potasio como agente absorbente de etileno, este último presentó menores valores de pérdida de peso, firmeza, pH y acidez titulable; mientras que los bananos tratados con cloruro de calcio al 15% presentaron menores valores de sólidos solubles totales e intensidad respiratoria. Los bananos tratados con cloruro de calcio presentaron recuentos de mohos y levaduras por debajo del límite establecido por la normatividad vigente. Con respecto al análisis sensorial, los bananos tratados con cloruro de calcio tuvieron valores similares entre ellos, en cuanto los atributos olor, sabor, textura y color; los cuales fueron superiores a las calificaciones obtenidas por los bananos testigo. En general, se puede concluir que el cloruro de calcio permitió retardar la maduración de bananos, en cuanto a los parámetros fisicoquímicas, microbiológicos y sensoriales, por lo que el uso de CaCl₂ es una opción de tecnología postcosecha viable para la conservación y comercialización del banano de rechazo variedad Cavendish.

REFERENCIAS

- [1] AGURA, «Asociación de Bananeros de Colombia,» 2011. [En línea]. Available: http://www.augura.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=82. [Último acceso: 15 Mayo 2018].
- [2] ASBAMA, Asociacion de Bananeros de Magdalena «Informe de Gestión» 2016.
- [3] AGURA, «Coyuntura Bananera 2017,» 2018.
- [4] S. User, «Cifruexbanano,» 27 enero 2018. [En línea]. Available: <http://www.cifruexbanano.com/productos/2-uncategorised.html>.
- [5] O. Medina-Sanabria, A. Rincón y V. Rubiano-Gonzales, «Comportamiento poscosecha de frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) en estado madurez comercial con tres dosis de CaCl₂,» *Revista alimentos Hoy*, vol. 25, n° 41, pp. 3-14, 2017.
- [6] J. M. Ramírez, J. A. Galvis y G. Fischer, «Maduración poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada con CaCl₂ en tres temperaturas de almacenamiento,» *Agronomía Colombiana*, vol. 23, n° 1, pp. 117-127, 2005.
- [7] A. Galvis y M. S. Hernandez, «INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO EN LA CONSERVACION DEL MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS,» *Agronomia Colombiana*, vol. 11, pp. 68-72, 1994.
- [8] K. Nuñez-Castellano, G. Castellano, R. Ramírez-Mendez, M. Sindoni y C. Marín, «EFECTO DEL CLORURO DE CALCIO Y UNA CUBIERTA PLÁSTICA SOBRE LA

CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA FRESA (FRAGARIA X ANANASSA DUCH),» *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 13, nº 1, pp. 21-30, 2012.

- [9] J. A. Galvis, H. Arjona y G. Fischer, «Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl₂) sobre la vida de almacenamiento y la calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke,» *Agronomía Colombiana*, vol. 21, nº 3, pp. 190-197, 2003.
- [10] N. Gol y T. Ramana, «Banana Fruit Ripening as Influenced by Edible Coatings,» *International Journal of Fruit Science*, vol. 11, nº 2, pp. 119-135, 2011.
- [11] R. Wills y J. Golding, *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*, vol. 6, University of New South Wales and CABI, 2016.
- [12] A. Ciccicarese, A. M. Stellacci, G. GentileSCO y P. Rubino, «Effectiveness of pre- and post-verification calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage,» *Postharvest Biology and Technology*, vol. 75, pp. 135-141, 2013.
- [13] G. Gonzales-Aguilar, J. Ayala-Zavala, G. Olivas, L. Rosa y E. Alvarez-Pinilla, «Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies,» *Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, vol. 5, nº 1, pp. 65-72, 2010.
- [14] A. Thompson, «Banana (*Mussa* spp.),» de *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, vol. 1, Woodhead Publishing, 2011, pp. 216-243.
- [15] P. Angeletti, H. Castagnasso, E. Miceli, L. Terminiello, A. Concellón, A. Chaves y A. Vicente, «Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and

cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties,» *Postharvest Biology and Technology*, vol. 58, nº 10, pp. 98-103, 2010.

[16] A. Rincón y E. Martínez, «Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión,» *Revista Alimentos Hoy*, vol. 24, nº 34, pp. 13-25, 2015.

[17] G. Cordero-Bueso, *Aplicación del Análisis Sensorial de los Alimentos en la Cocina y en la Industria Alimentaria.*, Sevilla: Universidad Pablo de Olavide, 2013.

[18] H. Ciro, M. Montoya y L. Millán, «Caracterización de propiedades mecánicas del banano (Cavendish Valery),» *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 58, nº 2975-2988, 2005.