

Propiedades Antimicrobiales del *Aloe Vera* en Cantalupo (*Cucumis melo L.*) listos para consumo

Por
Ivette M. Roldán Crespo

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
En
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2017

Aprobado por

Rosa N. Chávez Jáuregui, PhD
Miembro, Comité graduado

Fecha

María de L. Plaza, PhD
Miembro, Comité graduado

Fecha

Lynette E. Orellana Feliciano, PhD
Presidente, Comité graduado

Fecha

Carlos I. Huerta López, PhD
Representante, Escuela Graduada

Fecha

Fernando Pérez Muñoz, PhD
Coordinador, Programa Ciencia y Tecnología de Alimentos

Fecha

ABSTRACT

Promoting the intake of healthy and fresh products ready for consumption has caused a great interest in the food industry. Is for this reason the search of ways to maintain the microbiological, nutritional and sensorial quality of these foods, avoiding losses in the market. Due to the attention that the plants have caused due to their antimicrobial potential, which can be applied beneficially to horticultural products, this research focuses on the study of the antimicrobial effectiveness of *Aloe barbadensis*, as a possible solution to this problem. The main objective was to evaluate the antimicrobial properties of an aqueous solution of *Aloe Vera* in the following microorganisms: *E. coli* ATTC25922, *Salmonella typhi* ATTC 14028 and *Aspergillus niger* ATTC 10535. The aim is to determine a suitable concentration that can inhibit the growth of these microorganisms and be used as post-harvest treatment in cantaloupes, it is expected to reduce the incidence of rotting and maintain its quality for a longer period.

By in vitro studies of dilution and cyclic voltammetry, it was determined that the most effective treatment was 30% of *Aloe Vera*. This treatment was applied to chopped cantaloupes, evaluating the microbiological quality, physical-chemical aspects such as weight loss, pH, and general product acceptability. It was determined that the applied treatment could reduce the microbial load and to maintain physical-chemical properties without significantly modifying the organoleptic properties of the fruit.

RESUMEN

La promoción de la ingesta de productos sanos y frescos listos para consumo ha causado un gran interés en la industria alimentaria. Es por esto la constante búsqueda de productos que mantengan la calidad microbiológica, nutricional y sensorial de estos alimentos evitando pérdidas al mercado. Debido a que las plantas han sido un gran llamativo, debido a su potencial antimicrobial, los cuales pueden ser aplicados de manera beneficiosa a productos hortícolas, esta investigación se centra en el estudio de la efectividad antimicrobial de *Aloe barbadensis*, como posible solución a esta problemática. El objetivo principal fue evaluar las propiedades antimicrobiales de una solución acuosa de Aloe Vera en los siguientes microorganismos: *E. coli* ATTC 25922, *Salmonella typhi* ATTC 14028 y *Aspergillus niger* ATTC 10535. El fin es determinar una concentración adecuada que sea capaz de inhibir el crecimiento de estos microorganismos y ser utilizada como tratamiento pos cosecha en cantalupos, esperándose reducir la incidencia de podredumbres y mantener su calidad durante un periodo más largo.

Mediante estudios “in vitro” de sembrado por dilución y voltametría cíclica se determinó que el tratamiento más efectivo fue el 30% de Aloe Vera. Este tratamiento fue aplicado a cantalupos trozados, evaluándose la calidad microbiológica, aspectos físico-químicos tales como pérdida de peso, pH, y aceptabilidad general del producto. Se determinó que el tratamiento aplicado fue capaz de reducir la carga microbiana, y mantener características físico-químicas sin modificar significativamente las propiedades organolépticas del fruto.

Derechos del Autor Reservados©
Ivette Marie Roldán Crespo
2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecida enormemente a Dios por brindarme la oportunidad de completar esta investigación. Por poner personas extraordinarias en el camino que fueron de gran ayuda y apoyo. A mis padres, esposo y hermanos, por ser mis pilares y mi mayor fuente de motivación y confiar que podía lograrlo. Gracias por su apoyo incondicional, oraciones y consejos, en especial a mi papá, gracias por las amanecidas conmigo en el laboratorio y brindarme motivación y ayuda. A mi ayudante y amiga Cyd, gracias por nunca decir no y colaborar durante todo el proceso. A mi mentora, la Dra. Orellana, gracias por la oportunidad de trabajar con usted, por compartir su conocimiento y siempre estar al pendiente del progreso de la investigación y sobre todo creer en mis capacidades. A la Dra. Plaza gracias por su motivación y positivismo, por siempre darme el empujón cuando lo necesité y por sus recomendaciones. A la Dra. Chávez gracias por su disponibilidad y enseñarme el uso de algunos equipos de la planta. A Jaime Reyes, por ayudarme en la recolección y procesamiento de la materia prima y estar al pendiente de la función de los equipos del laboratorio. A la Dra. Vega y estudiante Marielys Crespo por permitirme utilizar las facilidades de su laboratorio de química y entrenarme en el uso del equipo de voltametría. A Magaly Zapata, por sus recomendaciones y por su donación de cultivos. En fin, gracias a todos los que contribuyeron de una forma u otra en el desarrollo de este proyecto, sin ustedes no hubiera sido posible.

TABLA DE CONTENIDO

Abstract.....	ii
Resumen	iii
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras	x
Lista de tablas	xii
Lista de ecuaciones	xii
Lista de Símbolos	xii
1. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	5
2. Marco Teórico	6
2.1 Barreras antimicrobiales naturales	6
2.2 Antimicrobianos para la preservación de alimentos	6
2.3 Mecanismo de acción de los antimicrobianos.....	7
2.4 Introducción al Aloe Vera como antimicrobial natural.....	8
2.4.1 Historia del Aloe Vera	8
2.4.2 Variedades de Aloe Vera	8
2.4.3 Condiciones de Cultivo.....	9
2.4.4 Características Botánicas del Aloe Vera.....	9
2.4.5 Anatomía del Aloe Vera	11
2.4.6 Composición química	12
2.4.7 Usos y beneficios	14
2.4.8 Aloe como componente en alimento.....	14
2.4.9 Propiedades antimicrobiales:	15
2.5 Parámetros de calidad de las Frutas	16
2.5.1 Color	16

2.5.2 Textura.....	17
2.5.3 pH (potencial de hidrógeno)	17
2.6 Problemática de frutas tropicales listas para consumo.....	18
2.7 Cantalupo.....	20
2.7.1 Introducción.....	20
2.7.2 Características de la planta	20
2.7.3 Microorganismos asociados a cantalupos y frutas trozadas.....	21
2.8 Técnicas para estudio antimicrobial	30
2.8.1 Dilución en placa	31
2.8.2 Voltametría cíclica.....	31
3. Materiales y Métodos	33
3.1 Materia prima	33
3.1.1 Recepción, Desinfección y Despuntado de Aloe babardensis	33
3.1.2 Ecurrido y Lavado.....	34
3.1.3 Obtención de la Gel	34
3.1.4 Soluciones de Aloe Vera.....	35
3.2 Actividad antimicrobiana.....	35
3.2.1 Preparación del inóculo.	35
3.2.2 Voltametría cíclica.....	35
3.2.3 Sembrado por dilución.....	37
3.3 Proceso de elaboración para frutas tropicales	38
3.3.1 Recepción	38
3.3.2 Lavado y Desinfección	38
3.3.3 Pelado y Trozado	38
3.3.4 Inmersión en Aloe Vera:	38
3.4 Pruebas fisicoquímicas	39
3.4.1 Color:	39
3.4.2 Pérdida de peso	39

3.4.3 pH	40
3.4.4 Firmeza:	40
3.4.5 Valorización Sensorial:	40
3.5 Análisis Microbiológico	42
3.5.1 Calidad.....	42
3.5.2 Estudio de inoculación.....	43
4. Resultados y Discusión.....	44
4.1 Estudios preliminares.....	44
4.2 Voltametría cíclica y sembrado por dilución	45
4.3 Color	50
4.3.1 Luminosidad	50
4.3.2 Cromaticidad	51
4.3.3 Angulo de hue.....	52
4.4 Pérdida de peso y textura	54
4.5 pH	58
4.6 Análisis microbiológico	59
4.6.1 Aerobios totales	59
4.6.2 hongos y levaduras	61
4.6.3 Inoculación	62
4.7 Sensorial	65
4.8 Análisis de costo	67
5. Conclusiones.....	68
6. Recomendaciones	68
7. Literatura citada	69
8. Anexo	78
8.1 Resumen del Proceso.....	78
8.2 Análisis estadístico en Infostat	79
8.2.1 Análisis de varianza para Voltametría cíclica	80

8.2.1.1 E. coli.....	80
8.2.1.2 Salmonella Typhi.....	83
8.2.1.3 Aspergillus niger.....	86
8.2.2 Análisis de varianza para pruebas fisico-quimicas	89
8.2.2.1 Color: Luminosidad en cantalupos	89
8.2.2.2 Color: Cromaticidad en cantalupos.....	92
8.2.2.3 Color: Ángulo de hue en cantalupos.....	95
8.2.2.4 Pérdida de Peso en cantalupos	98
8.2.2.5 Textura en cantalupos	101
8.2.2.4 pH en cantalupos.....	103
8.2.3 Anova para Análisis microbiológico en cantalupos.....	106
8.2.3.1 Aerobios totales	106
8.2.3.2 Mohos y levaduras	109
8.2.4 Análisis de varianza para inoculación de cantalupos.....	112
8.2.4.1 E. coli.....	112
8.2.4.2 Salmonella Typhi.....	115
8.3 Documentos de Evaluación de sensorial.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta adulta de Aloe Vera.....	10
Figura 2: Flor de planta adulta de Aloe Vera.....	10
Figura 3: Diferencias en las pencas de Aloe Vera según su estado de madurez.....	11
Figura 4: Anatomía de la penca de Aloe Vera.....	11
Figura 5: Cantalupos provenientes de Santa Isabel, Puerto Rico.....	21
Figura 6: Celda de trabajo utilizada en voltametría cíclica.....	32
Figura 7. Aloe Vera proveniente del mercado local de Mayagüez.....	33
Figura 8: Equipo BASi Epsilon para voltametría cíclica.....	36
Figura 9: Sembrado en dilución para los distintos tratamientos de Aloe Vera sobre S. Typhi, E. coli y A. niger.....	37
Figura 10: Salón sensorial Fuente: Meilgaard et.al. (1999).....	42
Figura 11: ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con E. coli.....	45
Figura 12: ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con Salmonella Typhi.....	46
Figura 13: ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con Aspergillus niger.....	46
Figura 14: Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con E. coli durante dos horas.....	48
Figura 15: Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con Salmonella Typhi durante dos horas.	48
Figura 16: Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con Aspergillus niger durante dos horas.....	48
Figura 17: ANOVA- Diferencias entre las medias de luminosidad en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.....	50
Figura 18: Luminosidad en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante el periodo de almacenamiento.	51
Figura 19: ANOVA- Diferencias entre las medias de saturación en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.....	52
Figura 20: ANOVA- Diferencias entre las medias de Ángulo de hue en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.....	52

Figura 21: Cromaticidad de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento	53
Figura 22: Tono de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento	53
Figura 23: ANOVA- Diferencias entre las medias de pérdida de peso en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera	55
Figura 24: Porcentaje de pérdida de peso de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera a través del periodo de almacenamiento.	55
Figura 25: ANOVA- Diferencias entre las medias de firmeza en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.	56
Figura 26: Firmeza de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera a través del periodo almacenamiento	57
Figura 27: ANOVA- Diferencias entre las medias de pH de los cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante almacenamiento.	58
Figura 28: pH de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento.	59
Figura 29: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de aerobios totales en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.	60
Figura 30: Crecimiento de aerobios totales en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento.	60
Figura 31: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de mohos y levaduras en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.	61
Figura 32: Crecimiento de mohos y levaduras en cantalupos trozados con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 21 días de almacenamiento.	62
Figura 33: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de E. coli en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.	63
Figura 34: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de Salmonella Typhi en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.	64
Figura 35: Crecimiento de E. coli en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 9 días de almacenamiento	64
Figura 36: Crecimiento de Salmonella Typhi en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 9 días de almacenamiento	64
Figura 37: Aceptabilidad general de cantalupo listo para consumo en solución acuosa de Aloe Vera	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Nutrientes presentes en Aloe Vera	13
Tabla 2: Aminoácidos presentes en Aloe Vera.....	13
Tabla 3: Principales atributos de calidad en frutas y verduras.....	16
Tabla 4: Parámetros regulatorios para la presencia de E.coli en alimentos listos para consumo según CFS (2014).	22
Tabla 5: Parámetros regulatorios para la presencia de Salmonella en alimentos listos para consumo según CFS, 2014.....	25
Tabla 6: Parámetros regulatorios para la presencia de aerobios totales en frutas frescas para consumo según Ragaert, 2013.....	29

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cromaticidad.....	39
Ecuación 2: Ángulo de tono	39
Ecuación 3: Porcentaje de pérdida de peso.....	39

LISTA DE SÍMBOLOS

°C: grados Celsius
g: gramos
L: litros
ml: mililitros
mm: milímetros
mV: milivoltios
uA :micro amperes
s: segundos
UFC: unidades formadoras de colonias

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los consumidores han deseado reducir el riesgo de condiciones de salud mediante la mejora de la dieta (Hossain *et al.*, 2011). Los alimentos proporcionan los nutrientes esenciales para la función normal del cuerpo, pero una dieta desequilibrada durante un largo periodo de tiempo aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades e implica costosos tratamientos médicos (Sanzana, 2011). Es por esto que se ha dado un aumento en la ingesta de frutas y vegetales de hasta un 30% durante las pasadas décadas. Las frutas nos brindan: agua, enzimas, minerales, vitaminas y otros compuestos que son esenciales para mantener una buena salud. Desafortunadamente, se estima que alrededor de un 20% de la producción de frutas y verduras se pierden cada año debido a su deterioro (Barth *et al.*, 2009).

Actualmente existe una gran demanda de frutas, en especial frutas tropicales, que sean de calidad y mínimamente procesadas. Sin embargo, muchos cultivos de estas frutas no cumplen con los requisitos internacionales exigidos, debido a un manejo deficiente en la pos cosecha, que agrava la perecibilidad de la fruta, provocando no solo una pérdida de la calidad sino también pérdidas de mercado (Arauz, 1983).

Según la FAO, la calidad es una percepción de ciertos atributos que se evalúan simultáneamente de manera objetiva o subjetiva por el consumidor. El cerebro procesa la información recogida por la vista, olor y tacto e instantáneamente lo compara o asocia con experiencias pasadas y/o con texturas, aromas y sabores almacenados en la memoria. Por ejemplo, con sólo mirar el color, el consumidor sabe que un fruto está inmaduro y que no posee buen sabor, textura o aroma. El color es una característica determinante en la aceptación o rechazo del producto, ya que permite visualizar la condición del producto por la presencia de colores extraños que se considerará como defectos (Carrera, 2007). Si el color no es suficiente para evaluar la madurez, el

consumidor utiliza las manos para medir la firmeza u otras características perceptibles. Este proceso comparativo no ocurre cuando el consumidor se enfrenta por primera vez con un fruto cuyas características desconoce.

Las frutas no solo deben llamar la atención por su aspecto físico, sino que estas no deben poner en riesgo la salud del consumidor. El consumidor centra su confianza en el productor y distribuidor, ya que ellos no pueden detectar la presencia de sustancias nocivas. Necesariamente debe confiar en ellos, además de las precauciones que normalmente toma tales como lavar, pelar y/o cocinar al producto antes de consumirlo. Sin embargo, esta confianza es muy volátil y cualquier sospecha sobre la seguridad de un alimento tiene un impacto tremendo a nivel del consumidor (FAO, 2010).

Los microorganismos que causan deterioro pueden introducirse en las semillas, durante el crecimiento del cultivo en el campo, durante la cosecha y manejo pos cosecha, o durante el almacenamiento y la distribución, como por ejemplo los que se encuentran presentes en equipos de recolección, en la planta de empaque, en la instalación de almacenamiento, y en cualquier superficie de contacto con el alimento (Barth et al., 2009).

Muchas frutas tropicales son frutas climatéricas, por lo tanto, necesitan para desarrollarse temperaturas que sean cálidas y alta humedad, que promueven una maduración brusca y grandes cambios de color, textura y composición. Son estos cambios, los que se consideran como pérdida de la calidad y varían entre fruto y condiciones a las cuales estén expuestas (Valverde et al., 2005).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las cosechas de frutas son órganos que se consideran vivos ya que respiran y tienen pérdida de agua como si aún estuvieran unidos a la planta. Sin embargo, al no estar unidos a la planta las pérdidas no se reemplazan en el entorno pos cosecha, sufriendo cambios perjudiciales. Estos

cambios envuelven el uso de las reservas de energía a través de la respiración, cambios en la composición bioquímica, cambios en la textura debido a la pérdida de agua, cambios bioquímicos e incremento en la producción de etileno asociada con la maduración de la fruta climatérica. Daños mecánicos, plagas, enfermedades y trastornos fisiológicos pueden ser inducidos por las altas o bajas temperaturas o almacenamientos en atmósferas incorrectas (Mitra, 2001).

Las frutas tienen alto contenido de agua y al tener una cáscara relativamente delgada las hace altamente susceptibles a daños mecánicos durante todo el periodo pos cosecha, aunque el tipo de daño mecánico que ocurra puede depender de la cadena de manejo. Otro punto importante es la etapa de maduración del fruto, ya que dependiendo de la maduración de la fruta puede ser más susceptible o no a daño mecánico. El daño mecánico en sí mismo reducirá no sólo la atracción de los productos al comprador, sino también el potencial de la vida de almacenamiento, ya que permite la pérdida de agua, cambios fisiológicos y proporciona oportunidades a los patógenos de poder incorporarse en el producto (Mitra, 2001).

Según la USDA (Karst ,2014) la pérdida de fruta fresca representa el 13.9 % del total de pérdidas de alimentos en los Estados Unidos. Este estudio estima que la pérdida de alimentos a nivel minorista y de consumo en los EE.UU. ascendió a 133 millones de libras en el 2010, equivalente al 31 % de los 430 millones de libras del total de alimentos disponibles. Estas pérdidas tan grandes han incrementado la búsqueda de nuevas estrategias que realcen tanto las características de aceptabilidad del producto, y que a la vez proporcionen inocuidad al consumidor. Varias tecnologías pre y pos cosecha han sido utilizados para controlar el decaimiento, pero el uso de productos químicos está restringido en la mayoría de los países y los consumidores exigen productos agrícolas sin residuos de plaguicidas (Wilcock et al., 2004).

El uso de agentes antimicrobianos es una práctica común en la industria de alimentos. Por muchos años se han utilizado antimicrobianos sintetizados químicamente, que en algunos casos han causado daño a la salud de los consumidores, como por ejemplo los sulfitos; es por esta razón la demanda hacia antimicrobianos naturales, ya que pueden extraerse para ser utilizados con el fin de alargar la vida útil de alimentos sin afectar la seguridad del consumidor.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día el tratamiento con gel de *Aloe Vera*, tanto para fines medicinales como cosméticos, usando la pulpa de la hoja de la planta, se ha convertido en una gran industria en los Estados Unidos. Sin embargo, en los últimos años el uso de gel de *Aloe Vera* ha ganado mucha atención para su uso como tratamiento pos cosecha, calificado como seguro y respetuoso con el medio ambiente (Guillen, 2013). En trabajos recientes, se ha demostrado que el gel de *Aloe Vera* es capaz de prolongar la vida útil de cerezas dulces y uva de mesa a través de un retraso en los parámetros relacionados con el deterioro desde el punto de vista de calidad e inocuidad. El gel de *Aloe Vera* retarda la pérdida de humedad y reduce la tasa de respiración. Estos efectos son similares a los obtenidos con otros recubrimientos comestibles (Martínez et al, 2006) cuya composición es principalmente polisacáridos. Este gel fue altamente efectivo como barrera de humedad sin la incorporación de lípidos.

El interés de las personas por mejorar su calidad de vida ha provocado una demanda de productos naturales lo cual hace que las industrias farmacéuticas y de los alimentos centren sus esfuerzos en investigaciones relacionadas con su utilización. Desde el punto de vista de la nutrición humana, los científicos han identificado más de 75 compuestos en el *Aloe Vera*; principalmente vitaminas, minerales, enzimas y aminoácidos, además de otras sustancias de interés para nuestro organismo con acción emoliente, cicatrizante, coagulante, hidratante, antialérgica, desinfectante,

antiinflamatoria, astringente, colerético y laxante. Por lo tanto, esta planta puede aportar componentes nutricionales como materia prima para la elaboración de alimentos funcionales, considerados en la actualidad como los alimentos del futuro (Vega et al., 2005).

1.3 OBJETIVOS

Objetivos generales:

- Determinar la actividad antimicrobiana del *Aloe Vera* en cantalupo, con el propósito de alargar su vida útil.

Objetivos específicos:

- Determinar cambios en color, pérdida de peso, pH, textura y valorización sensorial.
- Evaluar calidad microbiológica de las frutas durante almacenamiento (microorganismos aerobios, *E. coli*, mohos y levaduras).
- Evaluar comportamiento de patógenos inoculados en cantalupo frente al tratamiento de *Aloe Vera*.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 BARRERAS ANTIMICROBIALES NATURALES

Las frutas y verduras siguen realizando funciones como un “tejido vivo” en el punto de consumo. Esto significa que sus superficies todavía poseen las barreras antimicrobianas necesarias para evitar la invasión microbiana. Cuando estas superficies se dañan, ya sea en el campo, durante el almacenamiento o durante el procesamiento, la invasión microbiana por lo general, se produce por apertura o deterioro. En el caso de los tejidos internos, la función de la estructura original puede seguir para prevenir o retardar la invasión por microorganismos. Los materiales estructurales tales como, celulosa y pectinas comunes en plantas y colágeno en los animales, son ejemplos de materiales que pueden actuar como barreras antimicrobianas, pero, si el microorganismo invasor (bacterias, levaduras, mohos) produce enzimas capaces de romper tales materiales, el alimento es vulnerable a la invasión por otros microorganismos. Es importante, por tanto, que los sistemas de envasado y almacenamiento, especialmente de frutas y verduras que se venden frescos, estén diseñados para proteger de daño físico

2.2 ANTIMICROBIANOS PARA LA PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS

La preservación de alimentos busca proveer bienestar al ser humano por medio de alimentos inocuos, bienestar, nutrición y alcanzar las expectativas de sabor, aroma, apariencia y comodidad. Es por esto el deseo de la sociedad moderna de consumir alimentos frescos o aquellos conocidos como “mínimamente o parcialmente procesados”. Este tipo de alimentos siguen los pasos mínimos de preparación, tratando de cambiar lo menos posible las cualidades de “alimento fresco” en la medida que sea posible, pero al mismo tiempo haciéndolo un alimento inocuo y con una vida de anaquel suficiente para el consumidor (Alzamora, 1997).

Los alimentos son susceptibles a ser alterados en mayor o menor tiempo por la acción de microorganismos que los contaminan o a reacciones enzimáticas del propio alimento. La velocidad de deterioro microbiológico no solo depende de los microorganismos presentes, sino también de la composición química del producto y del tipo de carga microbiana inicial.

Los antimicrobianos se utilizan tradicionalmente por su capacidad de inhibir el deterioro y prolongar la vida útil y mantener la calidad de los alimentos. Los antimicrobianos son compuestos que se utilizan para extender la fase de latencia o matar microorganismos, a veces son llamados "conservadores o preservativos" y son diferentes a los antibióticos que se utilizan para tratar enfermedades en animales o humanos. Aunque los antimicrobianos de uso común en alimentos han sido utilizados durante muchos años, pocas de estas sustancias se utilizan exclusivamente para controlar el crecimiento de patógenos específicos (Davidson and Harrison, 2002).

2.3 MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS ANTIMICROBIANOS

Los agentes antimicrobianos actúan por una serie de mecanismos (difíciles de predecir o conocer con exactitud), muy diferentes entre ellos que atacan diferentes regiones/mecanismos fisiológicos de la célula bacteriana. Las regiones de ataque en general, son:

- Pared bacteriana
- Membrana bacteriana
- Síntesis de proteínas
- Síntesis de ácidos nucleicos

Sin embargo, algunos microorganismos frente a agentes antimicrobiales pueden resultar resistentes ya sea de manera natural (innata), aparente o adquirida. Esta resistencia innata puede incluir barreras celulares que impiden la entrada del antimicrobial, flujo celular, falta o

modificación de un blanco para la fijación del antimicrobiano y la desactivación por enzimas microbianas (Davidson and Harrison, 2002).

2.4 INTRODUCCIÓN AL *ALOE VERA* COMO ANTIMICROBIAL NATURAL

2.4.1 HISTORIA DEL *ALOE VERA*

La palabra *Aloe Vera*, o lo que comúnmente conocemos como sábila, proviene del árabe que significa planta espinosa (Martínez et al., 1996). Esta planta proviene de África Oriental y Meridional y se utilizaba de manera destacada en Mesopotamia y el Antiguo Egipto hacia el año 2.200 AC con fines medicinales y en técnicas de embalsamiento (Sánchez, 2006; Carrera, 2007).

2.4.2 VARIEDADES DE *ALOE VERA*

Existen alrededor de 360 especies distintas de *Aloe* (Vogler and Ernst, 1999), siendo estas pertenecientes al género de las plantas suculentas. Las plantas suculentas son plantas que engrosan tanto sus raíces, tallos y hojas para permitir el almacenamiento de agua en cantidades mucho mayores que el resto de las plantas. Esta adaptación les permite mantener reservas de agua durante periodos prolongados y sobrevivir en entornos áridos y secos que otras plantas encuentran inhabitables.

De las 360 especies se ha demostrado científicamente que son cuatro tipos los que presentan mayores propiedades medicinales: *Aloe barbadensis*, *Aloe perryi* Baker, *Aloe ferox* y *Aloe arborescens*. No obstante, el *Aloe barbadensis* es considerada como la más utilizada en la medicina curativa y la más popular en el mundo entero y es la comúnmente conocida como *Aloe Vera*.

2.4.3 CONDICIONES DE CULTIVO

La época de siembra es de mayo a junio, debido a que es el comienzo de la lluvia. Las condiciones de riego pueden establecerse en cualquier momento del año, quedando a discreción del agricultor. La planta puede ser sembrada directo o a media sombra evitando el estrés por altas temperaturas. La distancia de siembra es de 0.50 m. entre plantas y 0.70 m. entre surcos para que tengan un buen desarrollo de las pencas que son las que se comercializan. La sábila tiene la facilidad de adaptarse a distintos escenarios, diferentes climas, suelos poco fértiles, suelos con pendientes de 30%, suelos planos o ligeramente inclinados y zonas de riego (Santiago, 2015). Se dice que tiene un largo de vida útil de 12 años o más, dependiendo del cuidado que se le brinde.

2.4.4 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL ALOE VERA

Las especies del género de los aloes son casi siempre leñosas, pero con las hojas muy grandes, largas y carnosas, en un arreglo de roseta. La planta tiene espinas triangulares de color verdoso a marrón fuerte en su extremo, protegidas de otras espinas laterales más pequeñas.

Aproximadamente a los tres años de edad cuando la planta ya es adulta le sale una espiga recta de mayor tamaño y terminando en un hermoso ramillete (Figura1 y 2). Las flores son tubulares, porque los seis pedazos que forman la cubierta floral se enlazan todas entre sí formando un tubo generalmente recto o curvado. La flor puede ser color rojizo, anaranjado o amarillento con 6 estambres (Carrera, 2007; Martínez *et al.*, 1996) y se recomienda cortarla para evitar la polinización y no crear híbridos con propiedades distintas. Se recomienda reproducir la planta por esquejes, un tipo de reproducción asexual para así mantener la pureza (Álvarez *et al.*, 2012).



Figura 1: Planta adulta de Aloe Vera



Figura 2: Flor de planta adulta de Aloe Vera

El color de la penca varía de verde claro a verde oscuro dependiendo de su madurez, algunas poseen manchas blancas (Figura 3). Las hojas de *Aloe Vera* maduras (tres o cuatro años de edad) pueden alcanzar entre 40-50 cm. de largo.



Figura 3: Diferencias en las penca de Aloe Vera según su estado de madurez

2.4.5 ANATOMÍA DEL ALOE VERA

La penca de *Aloe Vera* posee una capa verde y flexible llamada corteza la cual está recubierta por una capa protectora (cutícula) con poros (estomas) que filtran el aire y el agua y una capa de tejido formado por células poligonales ricas en un compuesto llamado aloína, de color amarillo, sabor amargo y de propiedades laxantes (Figura 3). La corteza compone el 20- 30% del peso de la sábila (Figura 4), la cual es color verde. Luego de la corteza se encuentra el mucílago el cual contiene la gel o cristal y este compone entre un 65-80% de la sábila (Álvarez *et al.*, 2012)

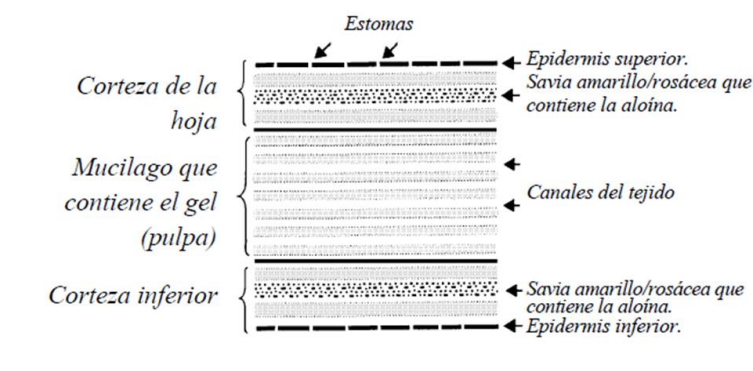


Figura 4: Anatomía de la penca de Aloe Vera

Fuente: *Aloe la planta que cura*, Marc Schweizer (1994)

El gel de *Aloe Vera* es un tejido esponjoso con gran capacidad de almacenaje de agua. Es aquí donde se ve la mayor parte de su actividad biológica; sin embargo, una vez expuesto al aire se oxida y se descompone, disminuyendo sus propiedades biológicas. Es por esto que es necesario

la estabilización adecuada del mismo (Navarro- Martínez, 2013). Independientemente del método utilizado, los mejores resultados se obtendrán cuando las hojas sean procesadas inmediatamente después de ser cortadas y se recomienda no excederse de 36 horas, ya que, ocurren reacciones enzimáticas naturales y crecimiento bacteriano por el oxígeno presente (Gampel, 2007; Ramachandra and Rao, 2008).

Los científicos han tratado de mejorar esta problemática utilizando distintas técnicas. Entre las primeras se encuentra la exposición a luz ultra violeta, pero esta alteraba la composición química de la sábila. También se intentó la pasteurización, obteniendo poco éxito ya que la actividad biológica se pierde cuando se sobrepasa de 60°C. Es entonces cuando, Bill Coats descubre y patentiza una técnica de conservación que consiste en dejar incubar el gel dentro de cubas (barril), añadiendo vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (tocoferol) y sorbitol para impedir que se oxide (Schweizer, 1994). Pero, de manera general las diferentes técnicas de estabilización coinciden en: lavado de la hoja, separación del gel, estabilización por frío o calor y o la adición de conservantes como el ácido cítrico, ácido ascórbico o ácido fosfórico.

2.4.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química del gel de *Aloe Vera* es extremadamente compleja y varía dependiendo de la especie botánica, condiciones de cultivo, riego, época de recolección de las hojas, edad y su almacenamiento (Gampel, 2007). Sin embargo, el *Aloe Vera* contiene alrededor de 98% de agua, sobre 75 nutrientes y 200 compuestos activos, incluyendo vitaminas, enzimas, minerales, azúcares, lignina, antraquinonas, saponinas, ácido salicílico y aminoácidos (Park and Jo, 2006; Alemdar, 2009).

En las siguientes tablas (1 y 2) se muestra de manera resumida los componentes y cantidades presente en la sábila pura.

Tabla 1: Nutrientes presentes en Aloe Vera

Nutriente	Sábila Pura (ppm)
Calcio	458
Fósforo	20.1
Cobre	0.11
Hierro	1.18
Magnesio	60.8
Manganeso	1.04
Potasio	797
Sodio	84.4

Fuente: Quezada, W. (2004).

Tabla 2: Aminoácidos presentes en Aloe Vera

Aminoácidos(*Esenciales)	Sábila pura (ppm)
Acido aspártico	43
Acido glutámico	52
Alanina	28
*Isoleucina	14
*Fenilalanina	14
*Treonina	31
Prolina	14
*Valina	14
*Leucina	20
Histidina	18
Serina	45
Glicina	28
*Metionina	14
*Lisina	14
Arginina	14
Tirosina	14
*Triptófano	30
Proteínas	0.10%

Fuente: Quezada, W. (2004).

La cantidad de polisacáridos presentes va cambiando según la taxonomía, pero se destacan los mananos y pectinas (Navarro-Martínez 2013; Ni and Tizard, 2004; Reynolds, 2004). Las

fluctuaciones se atribuyen a las estaciones del año, ya que los residuos de manosil están encerrados en un polisacárido de reserva (Femenia *et al.*, 1999).

2.4.7 USOS Y BENEFICIOS

Muchos documentos e investigaciones se han enfocado en la utilización del *Aloe Vera* mostrando su alto poder curativo y elevado valor nutricional a bajo costo, permitiéndole ocupar un buen espacio en el mercado. Su importancia debido a la habilidad de tratar condiciones de la piel, daños por irradiación, afecciones de los ojos, desórdenes intestinales y enfermedades antivirales han permitido la producción de jugos, lociones, champús, té, ungüentos, geles y pastillas entre otras. El mucílago o gel es utilizado en dermatología ya que es un agente beneficioso para la piel, al aportar suavidad y tersura; propiedades que son aprovechadas en la industria cosmetológica y farmacéutica. Además, éste gel es utilizado en varias bebidas como suplemento dietético (Vega *et al.*, 2005). El exudado (aloína) es una droga natural que ha sido conocida por su efecto purgante y también como agente amargo en bebidas alcohólicas. El aceite, extraído mediante solventes orgánicos, es la fracción lipídica de las hojas y es utilizada solo en la industria cosmetológica como un transportador de pigmento y agente sedante (Vega *et al.*, 2005); convirtiéndolo en una gran industria en los Estados Unidos sobre la base de ingredientes botánicos (Vogler and Ernst, 1999). Con el transcurso de los años su uso fue incrementado y en el 1990 se creó el IASC, “International Aloe Scientific Council” para evitar la competición desleal y estandarizar la calidad de los productos a base de aloe.

2.4.8 ALOE COMO COMPONENTE EN ALIMENTO

Se han identificado más de 75 compuestos en el *Aloe Vera* con acción emoliente, cicatrizante, coagulante, hidratante, antialérgica, desinfectante, antiinflamatoria, astringente,

colerético y laxante. Por lo tanto, esta planta puede aportar componentes nutricionales como materia prima en la elaboración de alimentos funcionales, considerados en la actualidad como los alimentos del futuro (Vega *et al.*, 2005).

Los alimentos funcionales son valorados por las personas ya que estos promueven la salud, brindando sustancias químicas que podrían ayudar a prevenir ciertas enfermedades crónicas. En general, favorecen el buen estado de salud del individuo permitiendo prolongar o mejorar su calidad de vida. El *Aloe Vera* demuestra que posee características y propiedades específicas y beneficiosas para la salud y nutrición humana (Vega *et al.*, 2005).

2.4.9 PROPIEDADES ANTIMICROBIALES:

Para prevenir o inhibir el crecimiento microbiano y extender la vida útil de alimentos, existe un interés creciente en la búsqueda de nuevos agentes antimicrobianos naturales (Fattouch *et al.*, 2007; Lanciotti *et al.*, 2004). Es aquí el gran interés por el *Aloe Vera*, donde gran parte de su actividad biológica, antibacterial, es adjudicada a los polisacáridos. En la sábila, las antraquinonas, como la aloemoidina juega un papel importante sobre los virus, e imposibilitan su replicación. Se ha reportado actividad antimicrobiana “in vitro” frente a microorganismos como, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Corynebacterium xerosis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Cándida albicans* y *Choletothrichum gloesporioides* (Musmecci and Lezcano 2013; Waller *et al.*, 1978). Otros estudios se han centrado en la aplicación del *Aloe Vera* como tratamiento pos cosecha en uvas, cerezas, manzanas, papayas entre otros, mostrando no tan solo una vida de anaquel más larga debido a la inhibición de microorganismos sino también mejoras en su aspecto físico y sensorial (Martínez *et al.*, 2006).

2.5 PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS FRUTAS

Cuando se habla de calidad, se refiere a esas características organolépticas y fisicoquímicas asociadas a la excelencia de un producto ya sea color, textura, pH (acidez activa), sabor, apariencia, entre otras (Tabla 3); las cuales se evalúan de manera sensorial (subjetiva) y/o instrumental (objetiva).

Tabla 3: Principales atributos de calidad en frutas y verduras

Atributo	Descripción
Color	Homogéneo, brillante
Firmeza	Firme, blando
Olor	Dulce
Tamaño	Peso, diámetro

2.5.1 COLOR

El color está asociado a la calidad del producto, a su frescura, a su madurez y es un gran llamativo para el consumidor. En la mayoría de los frutos y verduras va de verde a rojo o verde a amarillo. Los colores que exhiben son debido a pigmentos como la clorofila, carotenoides, antraquinonas y licopeno entre otros. En la industria se utiliza mucho este parámetro para determinar la madurez del producto, empleando el uso de un instrumento llamado colorímetro. Este instrumento brinda una evaluación de manera objetiva a diferencia de la evaluación visual que es subjetiva. El aparato mide un espectro de transmitancia o reflectancia que representa el cambio en la intensidad de la iluminación a cada longitud de onda causado por la interacción del alimento con un haz de luz color blanco normalizado. Uno de los sistemas más utilizados es el sistema de medición CIE 1976, expresando los espacios de color como **L* a* b***. Estas

coordenadas de color están correlacionadas con tres conceptos: luminosidad y cromaticidad (tono y croma) (Navarro- Martínez, 2013)

donde:

L= luminosidad la cual va de 0 (negro) a 100 (blanco)

a= tendencia del rojo al verde (valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo)

b= tendencia del amarillo al azul (b^* , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo)

2.5.2 TEXTURA

La textura según la ISO 5492 son todos esos atributos corporales, geométricos y superficiales de un producto, que son percibidos por medio de la cinestecia y somestecia de un receptor y receptores visuales y auditivos desde la primera mordida hasta que se ingiere el producto. Esta definición nos deja saber que si se aplica una fuerza sobre el producto se puede medir de manera instrumental: la firmeza, cohesividad, elasticidad, masticabilidad, entre otras.

La textura de frutas y verduras se expresa mayormente en términos de firmeza, crujencia, jugosidad, y dureza (debido a la fibra vegetal). Esta también nos puede indicar si el mismo estuvo bajo estrés durante la transportación (Ruelas *et al.*, 2013).

Para efectos de esta investigación se midió la firmeza del cantalupo la cual está asociada a la turgencia, o sea la presión que ejerce los fluidos, es por esto recomendable monitorear la pérdida de peso del producto ya que la pérdida de peso está asociada a la firmeza por lo tanto a la textura.

2.5.3 PH (POTENCIAL DE HIDRÓGENO)

El pH se basa en una técnica potenciométrica que mide la concentración de hidronios presentes la cual nos da información acerca de la acidez o alcalinidad de un producto. Este se mide

en una escala del 0-14, donde 0 es ácido, 7 neutro y 14 alcalino, entendiéndose que valores menores de 7 son ácidos y mayores de 7 alcalinos. Los valores de pH se relacionan con el contenido de ácidos presentes y esto puede afectar la capacidad de los microorganismos a multiplicarse.

2.6 PROBLEMÁTICA DE FRUTAS TROPICALES LISTAS PARA CONSUMO

Las frutas tropicales son una de las grandes demandas en productos listos para consumo. Una fruta tropical se define como una fruta de las zonas de clima tropical o subtropical (Nakasone and Paull 1998). Las frutas tropicales no soportan el frío y pueden ser dañadas o tener trastornos del desarrollo cuando la temperatura cae por debajo de 4 °C. Las frutas tropicales presentan problemas especiales en la conservación y el transporte, ya que son mucho más perecederos que las frutas de los árboles de clima templado y la larga distancia entre los países productores y de sus principales mercados de exportación (Mitra, 2001). Según la FAO (nd), la producción y el comercio de frutas tropicales frescas aumentarán en el próximo decenio. Los países en desarrollo representan alrededor del 98% de la producción total, mientras que los países desarrollados absorben el 80% del comercio mundial de importación. A las frutas tropicales principales (mangó, piña, papaya y aguacate) corresponde aproximadamente el 75% de la producción mundial de frutas tropicales frescas.

La Asociación Internacional de Frutas y Verduras Recién Cortadas (“Fresh-cut Internacional Produce Association”, IFPA, por sus siglas en ingles), define los productos recién cortados como frutas o verduras que han sido cortadas y / o peladas para brindar a los consumidores conveniencia, alta nutrición y sabor mientras se mantienen la frescura del producto (Corbo *et al.*, 2010). Estos han causado un gran llamativo por la comodidad y ahorro de tiempo, pero hay que tomar en cuenta la dificultad de preservarlos, debido a que son más propensos a la descomposición microbiana, el aumento de la tasa de respiración y la producción de etileno.

La contaminación y deterioro puede ocurrir en la pre cosecha, por el suelo, heces, agua de irrigación, fungicidas y pesticidas reconstituidos, polvo, insectos, estiércol preparado de manera inadecuada, animales salvajes o domésticos; en la pos cosecha, el manejo por humanos, equipo de cosechar, envases de transporte, insectos, polvo, agua de enjuague, hielo, vehículos y equipo de procesamiento (Olaimat and Holley, 2012). La tendencia del microbiólogo es pensar que el deterioro de los alimentos es por microorganismos, pero no siempre es así. Puede haber otras causas que provoquen cambios en la apariencia, textura, sabor, pH entre otros parámetros tales como las enzimas. Estas pueden ser producidas por microorganismos como pueden ser componentes naturales del alimento. Los cambios no enzimáticos también pueden ocurrir a causa de sustancias químicas, las cuales afectan la apariencia o la textura. Por lo tanto, las mayores actividades causantes de deterioro son:

- Actividades enzimáticas y otras reacciones químicas dentro del alimento
- Infestación por insectos, parásitos y roedores
- Temperaturas inadecuadas
- Ganancia o pérdida de humedad
- Reacciones con el oxígeno
- La luz
- El estrés físico o abuso
- Tiempo

2.7 CANTALUPO

2.7.1 INTRODUCCIÓN

El cantalupo, *Cucumis melo L.*, es parte de la familia cucurbitáceas pero debido a su uso se les considera parte del grupo de los frutales. En PR. se cultivan comercialmente dos tipos de melón de la especie *Cucumis melo L.*: el cantalupo o “muskmelon” y el honeydew, siendo el cantalupo el de mayor importancia económica.

El cantalupo es una de las frutas tropicales de más demanda por los países desarrollados. Durante los últimos años el enfoque comercial no solo ha sido de melones enteros, sino de melones pre-cortados, listos para consumo. Según Pérez (2016), los Estados Unidos es uno de los mayores exportadores de melón en el mundo. El tercero en exportaciones de sandía al lado de México y España y la cuarta en cantalupo y otras exportaciones de melón después de España, Guatemala y Brasil.

2.7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

El cantalupo *Cucumis melo* es una planta herbácea, dicotiledónea originaria de la zona tropical y subtropical de África que se dispersó por el mediterráneo y fue traída al Nuevo Mundo por Cristóbal Colón. El cantalupo es una planta estolón (rastrera) de flores amarillas, fruto redondo (Figura 5) y carnoso. Su fruto es principalmente utilizado como postre, enlatado, deshidratado o para ensaladas. Tiene un peso entre 2-6 libras y una superficie tipo redecilla corchosa de color crema-verde. Su pulpa es color naranja y tiene una cavidad pequeña la cual contiene las semillas. En Puerto Rico el sembrado se concentra en la costa sur. El cantalupo se propaga por semilla y la época recomendada para la siembra es de marzo a abril y se le cosecha entre el fin de junio y el principio del otoño. La distancia de siembra es de 6 pies entre bancos y un pie entre plantas en el banco, y son sembradas en filas (Fornaris and Lugo, 2001). Una vez se cosecha en la etapa madura-

firme se le aplica un pre enfriamiento y luego se lleva a condiciones óptimas de temperatura de 36-41 °F a 95% de HR, permitiéndole perdurar 12- 15 días.



Figura 5: Cantalupos provenientes de Santa Isabel, Puerto Rico

2.7.3 MICROORGANISMOS ASOCIADOS A CANTALUPOS Y FRUTAS TROZADAS

Las frutas trozadas son consideradas un blanco para una amplia gama de microorganismos, incluyendo patógenos humanos. Según los brotes reportados tanto nacionales como internacionales, relacionados al cantalupo la incidencia por *Salmonella* y *E.coli* O157:H7 ha sido alta, incluso se ha encontrado sinergismo entre *Salmonella* y *Aspergillus niger* posiblemente por la interacción de celulosa-quitina (Gautam *et al.*, 2014).

La posibilidad que el fruto de cantalupo se contamine por especies del género *Salmonella* o cualquier otro microorganismo patogénico es alta debido a que está expuesta a muchos factores durante el crecimiento, desarrollo, cosecha y manejo pos cosecha (Gautan *et al.*, 2014). Además, la corteza corchosa permite que sea más fácil la adhesión de las bacterias y al tener baja acidez este es ideal para su crecimiento.

Debido a las incidencias mencionadas, más adelante se explican los microorganismos de interés para esta investigación:

2.7.3.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria gram negativa, no esporulante que vive en los intestinos y suele ser inofensiva. Sin embargo, no todas son amigables, un grupo que incluye 0157: H7 es perjudicial para el revestimiento del intestino delgado, debido a que produce una shigatoxina; esta es causante de la diarrea del viajero y el síndrome urémico-hemolítico. Se estima que *E.coli* es causante de 630 millones de casos anuales de diarrea en el mundo. Esta participa en el 50% de las UTI (urinary tract infections) intrahospitalarias y 90% de las infecciones de pacientes ambulatorios (Molina *et al.*, 2015). Esta bacteria puede ser mótil por medio de flagelos peritricos o inmóviles y son aerobios-anaerobios facultativos. Son de rápido crecimiento y vasta distribución en el suelo, agua, vegetales y diversidad de animales. Su crecimiento es común en pH entre 7 y 8, aunque puede crecer a menos y tiene una temperatura óptima de crecimiento a 37°C, aunque puede desarrollarse en extremos que van desde 7 a 70 °C. Aunque generalmente son inofensivas, algunas *E. coli* son patógenas y pueden contaminar los alimentos, el agua y el medio ambiente es por esto que se establecen límites microbiológicos. La Tabla 4 muestra una guía para determinar los niveles tolerantes de *E.coli* en frutas listas para consumo.

Tabla 4: Parámetros regulatorios para la presencia de *E.coli* en alimentos listos para consumo según CFS (2014)

Microorganismo	Nivel Satisfactorio UFC/g	Marginal UFC/g	No Satisfactorio UFC/g
<i>E.coli</i>	<20	$20 < 10^2$	$>10^2$
<i>E.coli</i> patogénica	n.d/ 25g	N/A	Detectado en 25g

n.d. = no detectado; N/A = no aplica

Se han reportado brotes de *E.coli* en frutas tales como: fresas, manzanas, entre otros algunos ejemplos son los siguientes:

Fresa:

Transfondo-El 11 de agosto de 2011 Funcionarios de Salud Pública de Oregón identificaron fresas frescas de una granja de Newberg con campos en el Condado de Washington como la fuente de un grupo de *Escherichia coli* O157: H7.

Resultados- Al menos 15 personas resultaron enfermas, catorce personas confirmaron la infección por *E. coli* O157: H7 los cuales eran residentes de Washington, Clatsop, y condados de Multnomah. De los casos confirmados, siete han sido hospitalizados y una anciana en el condado de Washington murió por insuficiencia renal asociada con la infección por *E. coli* O157: H7 (Stone, 2014).

Manzana

Transfondo- En el otoño de 1996, un pequeño grupo de infecciones por *E. coli* O157: H7 estaba epidemiológicamente vinculado a una marca particular de jugo de manzana no pasteurizado.

Resultados: Se identificaron 70 personas con infección por *E. coli* O157: H7. De estas personas, 25 (36%) fueron hospitalizadas, 14 (20%) desarrollaron el síndrome hemolítico urémico y 1 (1%) murió (Cody, 1996).

Para evitar o minimizar estos riesgos la OMS (2013) recomienda un enfoque en la producción animal y vegetal, así como enfoques basados en riesgos a lo largo de toda la cadena de abastecimiento de alimentos. Estos se pueden resumir de la siguiente manera:

- Buenas prácticas de higiene
- Política de salud para empleados,
- Evitar la contaminación fecal por animales en los campos
- Utilizar residuos fecales tratados

- Evaluar y gestionar los riesgos del agua de riego
- Prevención de la contaminación cruzada
- Pasteurización o procesamiento de jugos

2.7.3.2 *Salmonella spp.*

Salmonella spp. es una bacteria gram negativa en forma de bacilo que puede originar enfermedades peligrosas en personas inmuno comprometidas y es una de las mayores causantes de intoxicación alimentaria reportadas. Una de las especies más conocidas dentro de este género es *Salmonella Typhi*. Esta especie en particular poder ser adquirida a través del agua, por la vía fecal oral o alimentos contaminados; y una vez presente en el ser humano puede causar fiebre tifoidea. En los E.U se reportan aproximadamente 400 casos de fiebre tifoidea al año (Vyas, 2015).

S. Typhi es un anaerobio facultativo, por lo tanto, es capaz de sobrevivir en bajas condiciones de oxígeno. Este microorganismo no produce esporas y posee flagelos peritricos. Sus requerimientos óptimos para crecimiento se encuentran a una de temperatura y pH de 37°C y 7.0, respectivamente (Tortora *et al.*, 1995). Entre sus características bioquímicas para identificación se sabe que utiliza glucosa, maltosa y sorbitol y genera ácido, sin la producción de gas; no es fermentadora de lactosa, sacarosa, la ramnosa y otros azúcares, genera nitrito a partir de nitrato y también produce ácido sulfhídrico (Calva, 2002). *Salmonella* es un microorganismo complejo y son diversas las fuentes de contagio. La Tabla 5 muestra una guía para determinar los niveles tolerantes de *Salmonella* en frutas listas para consumo.

Tabla 5: Parámetros regulatorios para la presencia de *Salmonella* en alimentos listos para consumo según CFS, 2014

Microorganismo	Satisfactorio UFC/g	Marginal UFC/g	No satisfactorio UFC/g
Salmonella	n.d/25g	N/A	Detectado en 25g

n.d. = no detectado; N/A = no aplica

Se han reportado brotes de *Salmonella* en distintas frutas tropicales tales como mamey, papaya, mangó y cantalupo, entre otros, algunos ejemplos son los siguientes:

Mamey

Transfondo- En agosto 20 de 2010 un brote de fiebre tifoidea en California y Nevada se le rastreo a la pulpa mamey congelada marca Goya, por Goya Foods Inc. Secaucus, Nueva Jersey y La Nuestra por Montalvan Sales Inc. Ontario, California (CDC, 2010)

Resultados- El CDC identificó a 5 personas en California y 4 en el sur de Nevada con fiebre tifoidea relacionada con el brote.

Papaya

Transfondo- Del 1^{ro} de enero - 18 de julio de 2011, 97 casos de *Salmonella* Agona fueron reportados, asociados con el consumo de papayas fresca distribuidas por Agromod Produce, Inc.

Resultados- 10 hospitalizaciones en 23 estados (Ward, 2014).

Mangó

Transfondo - A fines de agosto 2012 la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos (CFIA) y la FDA identificaron mangos marca “Daniella” cultivados en México posiblemente contaminados con *Salmonella*

Resultados- EL CDC descubrió que los mangos implicados eran responsables de dos brotes distintos, uno de *Salmonella* Braenderup y otro de *Salmonella* Worthington. El brote de *Salmonella* Braenderup fue el más grande de los dos, en el cual se enfermaron 127 personas en 15 estados, no

hubo muertes reportadas, pero 33 personas requirieron hospitalización. El segundo brote más pequeño que involucró a *Salmonella* Worthington consistió en 16 casos. Una persona enferma tenía ambas cepas de *Salmonella* (Flynn, 2012).

Cantalupos:

Transfondo- Entre julio 6 - septiembre 16 de 2012 el CDC reportó cantalupos infectados con *Salmonella* debido al consumo de cantalupos provenientes de Chamberlain Farms Produce, Inc.

Resultados- 261 personas infectadas, donde 228 personas fueron infectadas por *Salmonella* Typhimurium y 33 personas por *Salmonella* Newport, 94 personas fueron hospitalizadas y 3 muertes fueron reportadas. (CDC, 2012).

Para evitar o minimizar estos riesgos de esta índole se requiere prevenir a través de toda la cadena alimentaria, desde la producción agrícola hasta la elaboración, fabricación y preparación de alimentos. La clave se centra en los siguientes puntos (Weingold, 1994):

- Política de salud para empleados
- Practicar una buena higiene personal
- Proteger los campos de la contaminación fecal por animales
- Utilizar residuos fecales tratados
- Evaluar y gestionar los riesgos del agua de riego
- Mantener limpios y secos los equipos de cosecha y las instalaciones de almacenamiento
- Separar los alimentos crudos de los cocidos
- Cocer totalmente los alimentos
- Mantener los alimentos a temperaturas seguras
- Utilizar agua e ingredientes crudos seguros
- Cubrir manos en alimentos listos para consumo

- Pasteurización de huevos o procesamiento de jugos

2.7.3.3 Mohos y levaduras

Los mohos y las levaduras se encuentran distribuidos en el ambiente y en la flora natural de los alimentos. Se reproducen mayormente de manera sexual y crecen mejor en ambientes ácidos y húmedos. Estos pueden utilizar pectinas, carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos como fuente de energía. Debido a que son heterótrofos necesitan compuestos que sean orgánicos para su metabolismo primario (Smith and Moss, 1985).

Al crecer en alimentos pueden favorecer al crecimiento de bacterias patógenas; también pueden ocasionar malos olores, sabores y la decoloración de las superficies de alimentos. Aunque estos microorganismos no se ven asociados a brotes de enfermedades por alimentos, hay que velar por la presencia de cierto tipo de moho capaces de producir metabolitos tóxicos conocidos como micotoxinas los cuales pueden sobrevivir condiciones extremas (Camacho, 2009).

2.7.3.4 *Aspergillus niger*

Aspergillus es un hongo filamentoso y uno de los principales productores de micotoxinas en alimentos. Este tipo de hongo puede ser aislado del suelo, aire y residuos vegetales. *Aspergillus* causa deterioro de muchos productos alimenticios, en especial *Aspergillus niger*. Este hongo se caracteriza por deformar y cambiar el color de los cultivos afectados, afectando la compra y venta de los mismos y, por consiguiente, la economía industrial. Al crecer se puede observar una coloración negra en la superficie y de color blanco o amarillo por debajo. La acción patogénica de *Aspergillus* sobre las plantas disminuye su productividad sin embargo la pérdida económica más importante se relaciona con el rechazo de los granos y semillas contaminadas.

Se han reportado incidencias de *Aspergillus niger* en distintas frutas y ensaladas tales como uvas, melón, piña, papaya, limones, toronjas entre otros, algunos ejemplos son los siguientes:

Uvas:

Transfondo- Entre 2000 y 2002 fueron reportadas en Chile uvas infectadas con *Aspergillus niger* (Latorre et.al.,2002)

Resultados- Putrefacción de los pedicelos suaves, acuosas que decaen parcial o totalmente.

Frutas Listas para consumo:

Transfondo- En Nigeria en el 2011 se llevó a cabo un estudio en frutas listas para consumo (manzana, melón de agua, papaya ensalada de frutas envasadas) donde hubo presencia de *Aspergillus niger*.

Resultados- presencia en un 60% de las frutas, este fue aislado de las muestras de ensaladas de frutas, en melones de agua y en piña. La media del recuento en placas de las muestras fue 10^6 (Oranusi and Olorunfemi, 2011).

Limones y toronja:

Transfondo: Durante diciembre a febrero de 2014, se recolectaron limones y toronjas de las áreas de producción de distintas zonas Pakistán que presentaban lesiones arrugadas de color marrón oscuro parecidas a *Aspergillus niger*. (Liaquat et al., 2016)

Resultados por zona de las muestras infectadas

Islamabad - 36.6% de las muestras de limón y 42.8% muestras de toronja

Rawalpindi- 23% de las muestras de limón y 33.3% muestras de toronja

Taxila - 23% de las muestras de limón y 26.6% muestras de toronja

Wah - 20% de las muestras de limón y 25% muestras de toronja

También hay reportes de descomposición inducida por *Aspergillus niger* en mangó (Prakash and Raoof, 1989), uvas (Sharma and Vir, 1986) y tomates (Sinha and Saxena, 1987).

El control de *Aspergillus* o sus toxinas ha radicado en el uso de productos químicos para su eliminación. Sin embargo, esto es costoso y los insectos podrían actuar como vectores al facilitar la entrada de conidios dentro del fruto lo cual genera resistencia a los insecticidas (Yuef *et al.*, 2013)

2.7.3.5 Aerobios totales

Estos microorganismos no tienen un hábitat definido y en general no provocan enfermedades en el ser humano, pero si son utilizados como indicadores de la calidad del procesamiento (Ramiro, 2002). A menudo indican materias primas contaminadas o tratamientos no satisfactorios desde el punto de vista sanitario. En alimentos perecederos pueden indicar también condiciones inadecuadas de tiempo/temperatura durante su almacenamiento. La tabla 6 muestra una guía de los niveles satisfactorios y no satisfactorios para la presencia de aerobios totales en frutas frescas.

Tabla 6: Parámetros regulatorios para la presencia de aerobios totales en frutas frescas para consumo según Ragaert, 2013

Microorganismo	Satisfactorio	Marginal	No satisfactorio
	UFC/g	UFC/g	UFC/g
<i>Aerobios totales</i>	10^5	10^6	10^8

2.7.3.5 Coliformes

El grupo conocido como coliformes no son una amenaza para la salud pública, pero son posibles indicadores de la presencia de otras bacterias nocivas, ya que muestra la posibilidad de contaminación con heces de origen humano o animal. Estos microorganismos pertenecen a la

familia Enterobacteriaceae, también conocidos como bacterias entéricas. Estos microorganismos son oportunistas y normalmente se ven envueltos en enfermedades de naturaleza nosocomial. Durante su crecimiento, se distinguen por crecer a temperatura de 32-35°C y una subdivisión de ellos son los coliformes fecales que crecen a temperatura más alta, entre los de 44.5 a 45.5 °C. Conteos alto de coliformes totales muestran un alto nivel de insalubridad y la presencia de coliformes fecales indican contaminación fecal. Estos microorganismos son fermentadores de lactosa produciendo gas y ácido después de las 48 h entre 32- 35°C. Los coliformes fecales incluyen bacterias como: *E. coli*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. Entre los estándares establecidos para alimentos, en las frutas y verduras listas para consumo se aceptan 100 coliformes por gramo y en agua no existen niveles aceptables. En algunos casos se espera encontrar bajos números de coliformes en alimentos y se utiliza la técnica del Número Más Probable (Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2015).

2.8 TÉCNICAS PARA ESTUDIO ANTIMICROBIAL

Existen diferentes métodos para determinar la susceptibilidad de bacterias frente a agentes antimicrobianos de manera ‘*in vitro*’. Los resultados de estos métodos varían según el principio de cada método, los microorganismos que se utilizan y el compuesto que se evalúa. Estos métodos pueden ser clasificados en: métodos de difusión, métodos de dilución, bioautografía y análisis conductimétricos (Ramírez and Castaño, 2009).

En esta investigación se realizaron diferentes métodos preliminares para determinar los métodos más apropiados, eligiendo dos de ellos: el análisis conductimétrico, que se caracteriza por tener buena reproducibilidad y ser económico y el método de sembrado por dilución. El método conductimétrico se llevó a cabo mediante la técnica de voltametría cíclica, la cual permite medir

la corriente generada en función del tiempo, lo cual de manera cualitativa permite conocer la concentración del analito (oxígeno) presente en la solución inoculada con microorganismos. Este método indirecto permite conocer mediante la señal generada si el microorganismo está metabólicamente activo. El método de sembrado por dilución es uno de los más utilizados y permitió medir o ver presencia de células viables de manera indirecta.

2.8.1 DILUCIÓN EN PLACA

El método de dilución en placa se basa en la preparación de una serie de diluciones (en un diluyente apropiado), extendiendo una alícuota de la dilución sobre la superficie de un medio de cultivo el cual está en un ambiente apropiado. Al realizar el sembrado se logran colonias separadas, estas pueden ser de una célula o grupo de ellas, conociéndose como célula viable (Ramírez *et al.*, 2006).

2.8.2 VOLTAMETRÍA CÍCLICA

Desde los años 80, la voltametría ha sido utilizada para evaluar crecimiento microbiológico. Esta técnica consiste en la detección de especies electroactivas contenidas en un electrolito. Para realizar este estudio se necesita al menos dos electrodos, pero la mayoría utiliza tres, el electrodo de trabajo, el electrodo de referencia y el electrodo auxiliar (Figura 6). El electrodo de trabajo mide la reacción de interés o reacciones de interés y está hecho de un material inerte. El de referencia tiene un potencial conocido constante, por lo que sirve de referencia al momento de tomar medidas y controlar el potencial de los electrodos de trabajo y en ningún momento pasa ninguna corriente. El electrodo auxiliar es el que se encarga de equilibrar la corriente observada en el de trabajo. Estos electrodos se introducen por la tapa superior de la celda de trabajo, la cual contiene la solución de interés.

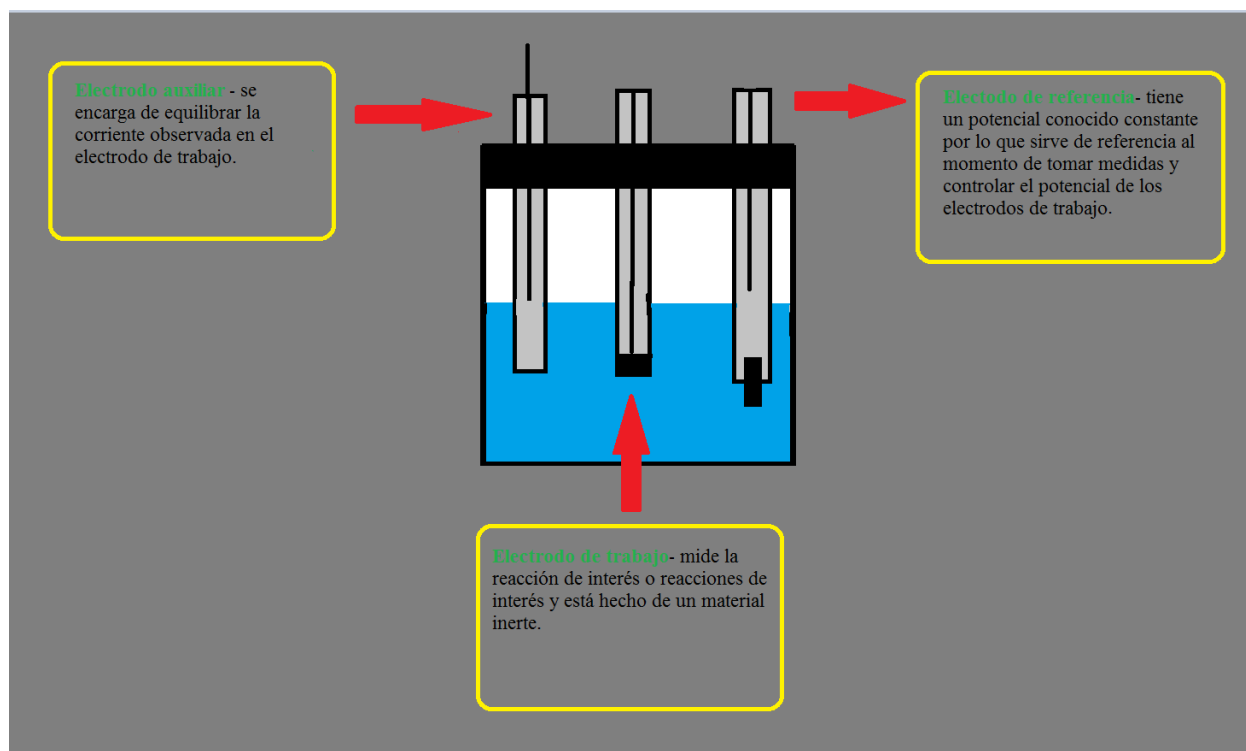


Figura 6: Celda de trabajo utilizada en voltametría cíclica

Durante el experimento se aplica una tensión controlada entre los electrodos de una celda electrolítica y se mide la corriente que se genera (respuesta corriente- potencial) en la misma, como resultado de reacciones oxidación- reducción que ocurren en los electrodos (Cobas *et al.*, 2007).

El proceso envuelve la electrolisis de una o varias especies electroactivas, la cual consiste de la reacción de la especie electroactiva en el electrodo y mecanismos de transferencia de masa. Ese transporte de masa en la mayoría de los casos es por difusión, aunque puede ser también por migración o convección (Ortiz and Martínez, 2003). Varias publicaciones han mencionado la conducta electroquímica de células vivas y su comportamiento frente a un electrodo. La mayor parte de la información reportada se ha basado en estudios de aproximación impedimétricas y conductimétricas, mientras que la de potencial variable (VC) ha sido utilizada por pocos autores.

Diseño Experimental

Los datos se analizaron en un diseño en bloques completamente aleatorizado (DBCA). Los parámetros físico-químicos, microbiológicos, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). La fuente de variación fue el tiempo de almacenamiento en el tratamiento seleccionado. Se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para comparar medias de tratamientos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIA PRIMA

3.1.1 RECEPCIÓN, DESINFECCIÓN Y DESPUNTADO DE *ALOE BABARDENSIS*



Figura 7. Aloe Vera proveniente del mercado local de Mayagüez

Se seleccionó *Aloe Vera* proveniente del mercado local en Mayagüez, la cual fue recibida y procesada en la Planta Piloto en el edificio Alfredo Ramírez de Arellano y Rosell (CITAI) del Recinto Universitario de Mayagüez. Al momento de llegada se pesó en una balanza (Industrial Floor Scale Accu- WeighBD-50D, Japan) y se verificó que las pencas estuvieran en buen estado, evaluando: color, firmeza y daños. Se rechazó toda aquella que no cumpliera con los parámetros deseados, que pudiese afectar el producto final. Luego las pencas fueron lavadas con un cepillo

para eliminar cualquier material indeseado, como piedras, hojas y microorganismos (Carrera, 2007). Para eliminar flora microbiana en las pencas de la sábila se utilizó solución *Tsunami*TM 200 ppm por 1 minuto y medio. Cuando culminó el lavado se continuó con el despuntado, el mismo se realizó con un cuchillo afilado y estéril, eliminando las lancetas y puntas de la penca (Carrera, 2007).

3.1.2 ESCURRIDO Y LAVADO

El escurrido tiene como fin eliminar por acción de la gravedad el acíbar. El acíbar es una sustancia tóxica en cantidades en exceso. Esta puede provocar contracciones intestinales dolorosas y pérdidas de sales por las diarreas. Al terminar el escurrido (en un recipiente estéril) se procede al lavado de la hoja con agua destilada para eliminar los residuos adheridos en la parte cortada. Este proceso de escurrido se realiza en un tiempo máximo de diez minutos (Carrera, 2007).

3.1.3 OBTENCIÓN DE LA GEL

Para obtener el gel de aloe se procedió a eliminar la piel (corteza) de la penca. Es muy importante tener cuchillos bien afilados, estériles y superficies de trabajo bien desinfectadas. Esta operación de fileteado debe completarse dentro de un periodo de 36 horas de recoger las hojas para evitar la descomposición de la actividad biológica. Con el fileteado a mano se puede obtener un gel separado de la corteza, que esté limpio. Sin embargo, el método de fileteado a mano es muy intenso en mano de obra, debido a esto, se han diseñado máquinas que intentan simular las técnicas de fileteado a mano, pero en general el producto contiene cantidades más altas de antraquinonas (efecto purgante) que el fileteado a mano (Ramachandra, 2008). Una vez se fileteó, se prosiguió a la adición de carbón activado para la absorción de aloína, esto es necesario ya que no se desea aloína en el gel por sus efectos purgantes. El gel de *Aloe Vera* al exponerse al aire se oxida rápidamente, se descompone y pierde gran parte de sus actividades biológicas (Ramachandra,

2008), para prevenir esto se añadió ácido cítrico al 1%. Luego se llevó a cabo la molienda del gel, la cual fue llevado a cabo en un procesador comercial (Robot Coupe R6V, USA) por unos 10 minutos para evitar oscurecimiento enzimático (Liu, 2001). Luego se filtró al vacío para remover las fibras que contiene la pulpa y cualquier material que estuviese adherido y así obtener un extracto homogéneo.

3.1.4 SOLUCIONES DE *ALOE VERA*

Se prepararon concentraciones de 20%, 30 % y 40 % del gel de *Aloe vera* utilizando agua destilada como solvente. Estas soluciones luego fueron inoculadas con los microorganismos de interés y evaluados por voltametría cíclica y sembrado en agar.

3.2 ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA

3.2.1 PREPARACIÓN DEL INÓCULO.

A partir de cultivos puros de *E. coli*, *Salmonella* Typhi y *Aspergillus niger* (Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez) se realizó la preparación del inóculo. Para el mismo se sub-cultivaron en placas de agar nutritivo *E. coli* y *Salmonella* Typhi y en PDA *Aspergillus niger* (Agarry *et al.*, 2005). Se incubó a 37°C las bacterias por un período de 24 horas y en 25 °C *Aspergillus niger* por 48 horas para alcanzar la fase logarítmica. Luego a partir de 3-5 colonias aisladas se preparó una suspensión en agua salina estéril al 85%, ajustando la densidad con un espectrofotómetro (Eppendorf: BioPhotometer plus, AG, Hamburg, Germany), garantizando un inóculo inicial de 1.5×10^6 bacterias/ml.

3.2.2 VOLTAMETRÍA CÍCLICA

Las soluciones preparadas de *Aloe Vera* fueron inoculadas con los microorganismos de interés para ser evaluadas por voltametría cíclica. Para este estudio se utilizó un sistema de instrumentación Epsilon: BASi Electrochemistry cell stand, IN, USA, que opera como

potenciostato conectado a una computadora con EC software C3- cell, el cual permite controlar el experimento y ver los datos obtenidos a tiempo real y grabarlos para uso posterior.

Los tres electrodos utilizados fueron carbón vítreo como electrodo de trabajo, Ag/AgCl como electrodo de referencia y platino como electrodo auxiliar.

Los parámetros de barrido utilizados fueron:

- rango de potencial de 1000 a -1000 Mv
- velocidad de barrido 10 mV/seg
- sensibilidad 1 $\mu\text{A/V}$

Entre medidas se pulió el electrodo con alúmina en tres almohadillas porosas, ya que la superficie tiene un gran impacto en los resultados de corriente (μA) los cuales son proporcional a la concentración (presencia) del analito, el cual es oxígeno.



Figura 8: Equipo BASi Epsilon para voltametría cíclica

3.2.3 SEMBRADO POR DILUCIÓN

En matraces Erlenmeyer se prepararon soluciones de 20%, 30% y 40% de *Aloe Vera*, utilizando agua destilada como solvente. Se evaluó la inhibición de *Salmonella* Typhi, *E. coli* y *Aspergillus niger* (con sus respectivos controles) y se realizaron 3 repeticiones (corridas) en duplicado. Una vez preparadas las soluciones se le añadió el inóculo correspondiente, se dejó reposar en el extractor por dos horas y se tomó 10.00ml de muestra para realizar diluciones seriadas en botellas de 90 ml, las cuales contenían como solvente agua peptonada al 0.1%. Se realizaron diluciones hasta 10^{-6} y se tomó 1.00 ml de muestra de cada dilución y se realizó el sembrado en placa en Desoxicolato Xilosa Lisina (XLD) para *Salmonella* Typhi, Mc Conkey Sorbitol para *Escherichia coli*, y Agar Dextrosa de Patata (PDA) con cloranfenicol para *Aspergillus niger*. Una vez absorbido el inóculo en el medio de cultivo estos fueron incubados a, 37°C para *Salmonella* Typhi y *E. coli* y 25°C para *Aspergillus niger* por 48 horas y 5 días respectivamente. Transcurridos los días se realizaron las lecturas de los platos y se calcularon los CFU/ml.

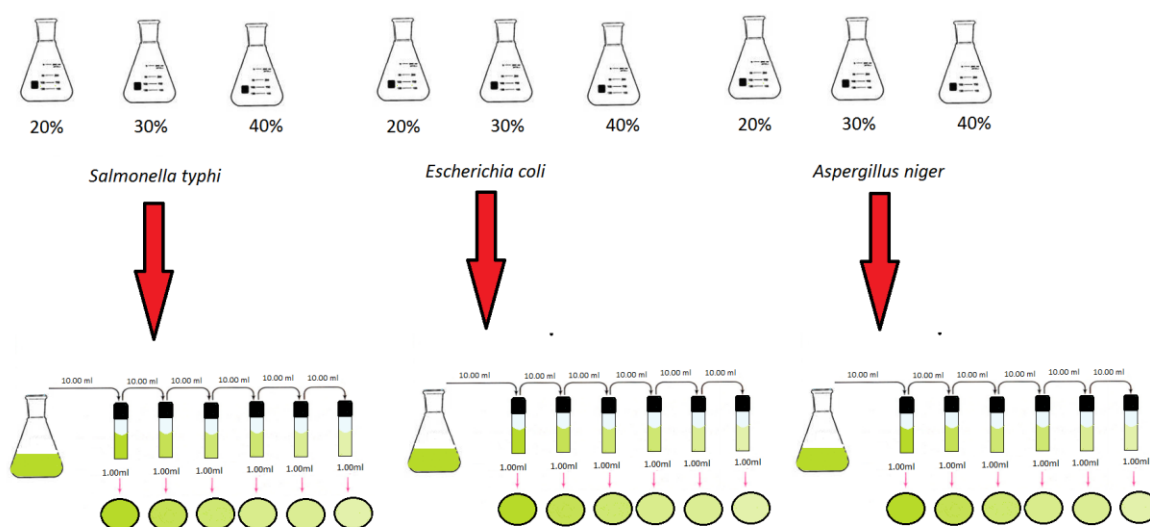


Figura 9: Sembrado en dilución para los distintos tratamientos de Aloe Vera sobre *S. Typhi*, *E. coli* y *A. niger*

3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN PARA FRUTAS TROPICALES

3.3.1 RECEPCIÓN

Para la ejecución de este experimento se seleccionaron 180 cantalupos provenientes de Santa Isabel, los cuales fueron recibidos en la Planta Piloto de CITAI. Estos habían sido recolectados 5 días previos a la compra. Esta es una parte de suma importancia debido a que se realiza un control de la calidad y se rechaza la fruta que no cumpla con los siguientes parámetros: tamaño, madurez, sanidad, firmeza y uniformidad en el lote.

3.3.2 LAVADO Y DESINFECCIÓN

Se realizó un lavado con un cepillo para eliminar cualquier material indeseado, como piedras, hojas y microorganismos (Carrera, 2007). Para eliminar flora microbiana se utilizó *Tsunami*™ (200 ppm) por 1 min y medio.

3.3.3 PELADO Y TROZADO

La piel y cáscara de las frutas fueron removidas utilizando cuchillos de acero inoxidable estériles y fueron trozadas (Anliker by Brunner CH-8302, Swiss) en pedazos de 2cm x 2cm.

3.3.4 INMERSIÓN EN *ALOE VERA*:

Las frutas trozadas fueron colocadas en la solución de *Aloe Vera* (30%) por un periodo de 5 minutos. Luego de la inmersión se dejaron secar por 2 minutos y luego se almacenaron en recipientes plásticos PP5 y refrigerados a 4°C con un 95% de humedad relativa. Los muestreos fueron realizados los días 0, 3,6, 9,18 y 21 para evaluar: actividad antimicrobiana, pérdida de peso,

color, pH, firmeza y valorización sensorial (Valverde *et al.*, 2005). Controles también fueron evaluados.

3.4 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

3.4.1 COLOR:

Las medidas de color se llevaron a cabo utilizando un colorímetro (HunterLab MiniScan XE, VA, USA), utilizando la escala L, a, b con un observador estándar 10°. Se procedió a la calibración del colorímetro con platos de porcelana negro y blanco y luego las lecturas de los controles y tratamientos. Tres cubos de melón de cada uno de los tres recipientes se midieron en cada día de evaluación. Luminosidad (L *), verdor (a *) y amarillez valores (b *) se registraron mientras cromaticidad y tono fueron calculados según Machado *et al.*, 2008 y Zainal Abidin *et al.*, 2013.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5}$$

Ecuación 1: Cromaticidad

$$hab = \tan^{-1} [(b^*) / (a^*)]$$

Ecuación 2: Ángulo de tono

3.4.2 PÉRDIDA DE PESO

Las medidas de peso se llevaron a cabo utilizando una balanza analítica (Sartorius T313S Talent Analytical Balance, Goettingen, Germany) y se reportó en gramos. La pérdida de agua se calculó en términos de PLW (physiological loss in weight) por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Ecuación 3: Porcentaje de pérdida de peso

donde, A es el peso inicial de los frutos (día 0) y B es el peso de la fruta después del periodo de almacenamiento (Lakshmi, 2011).

3.4.3 PH

Las medidas de pH fueron tomadas con un metro de pH (Oakton: Waterproof phtestr30, IL, USA). Este fue previamente acondicionado con un amortiguador de pH 4 por 30 minutos, luego se llevó a cabo la calibración con amortiguador pH 4, 7 y 10 a 25°C. Una vez esto se tomaron medidas de las frutas controles y con tratamiento en triplicado.

3.4.4 FIRMEZA:

Para determinar la firmeza del cantalupo se utilizó un texturómetro (Stable Micro System TA-XT2, UK), el cual fue calibrado con una carga de 5kg. Para el análisis se utilizó un “probe” TA-212, el cual es cilíndrico con punta redonda de 8mm de diámetro, el cual ejerció fuerza a los frutos hasta alcanzar la fuerza de ruptura. La velocidad del “probe” antes de la prueba fue de 5.00 mm/s, durante la prueba fue de 2 mm/s y después retornaba con una velocidad de 10.00mm/s. Las medidas fueron realizadas en triplicado por cada tratamiento y su respectivo control y estas fueron reportadas como distancia de compresión en mm.

3.4.5 VALORIZACIÓN SENSORIAL:

La valorización sensorial fue llevada a cabo en el Laboratorio de Sensorial CITAI. Se evaluó la aceptabilidad general del fruto con la solución de *Aloe Vera*. Para la valorización sensorial se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, siendo esta una de las técnicas más usadas para la medición de la posible aceptación de un producto en el mercado.

Donde:

1=Me disgusta extremadamente

2=Me disgusta mucho

3=Me disgusta moderadamente

4=Me disgusta levemente

5=No me gusta ni me disgusta

6=Me gusta levemente

7=Me gusta moderadamente

8=Me gusta mucho

9= Me gusta extremadamente

Durante la prueba se le pidió a un total de 80 consumidores que midiera el nivel de agrado o desagrado con respecto al producto a través de una escala verbal-numérica que se encontraba explicada en el cuestionario suministrado (Anexo 7.3).

Proceso de preparación

Las muestras de cantalupo con *Aloe Vera* fueron presentados a los panelistas en envases plásticos de dos onzas debidamente codificados y servidos de manera aleatoria, con galleta de soda y agua. Para evitar el efecto halo, se minimizó el proceso de preparación y servicio de las muestras al momento de la realización de las pruebas y se utilizaron luces azules (Figura10).

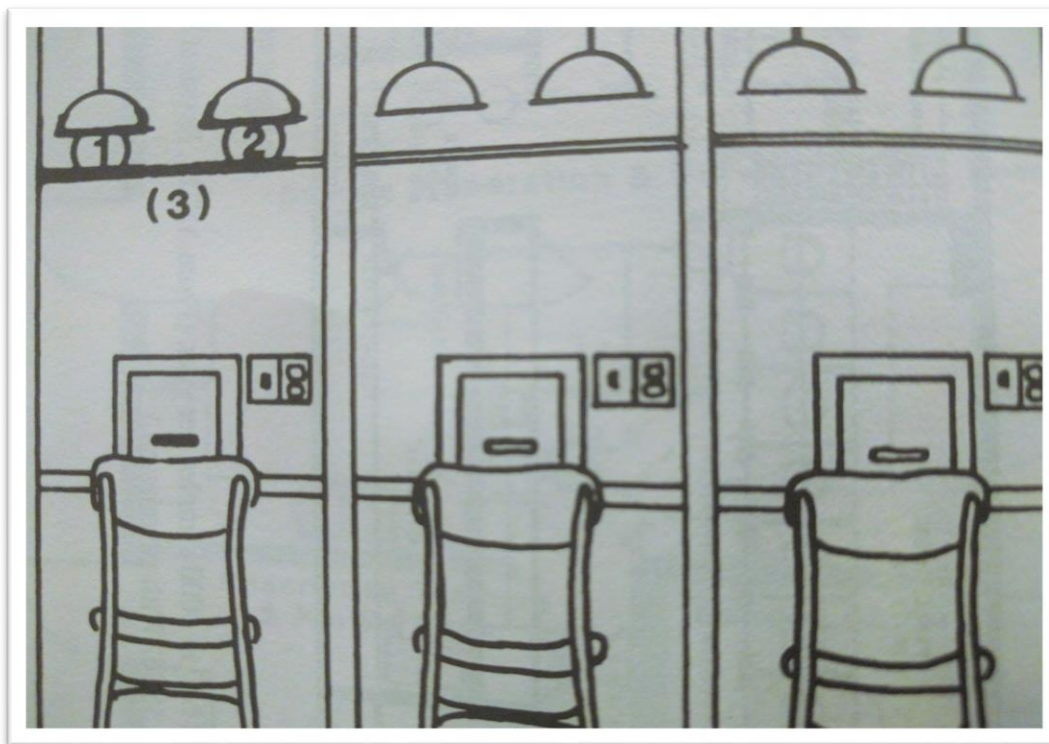


Figura 10: Salón sensorial
Fuente: Meilgaard et.al. (1999)

3.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

3.5.1 CALIDAD

El análisis microbiano se realizó en los días 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 de almacenamiento. Se tomaron muestras de 25 g bajo condiciones estériles (guantes, escalpelos) y se homogeneizaron en 225ml de agua peptonada estéril al 0.1% por dos minutos. Luego se realizaron diluciones seriadas de 1:10. Un (1) ml de cada dilución fue utilizado para inocular en Petrifilms3M™ para bacterias aeróbicas, mohos y levaduras. Las muestras utilizadas fueron trabajadas por 3 lotes control y 3 tratamientos, en duplicado. Los petrifilms fueron incubados a 35 ° C por 24 horas para coliformes, confirmando *E. coli* a las 48 horas y durante 48 horas para bacterias aeróbicas. Para evaluar mohos y levaduras se incubó a 25° C por 5 días. (Valverde *et al.*, 2005). La identificación

y lectura de las colonias se llevaron a cabo siguiendo las instrucciones del fabricante y fueron reportados en CFU/g.

3.5.2 ESTUDIO DE INOCULACIÓN

Para el estudio de inoculación se utilizó la técnica de aspersión. Una vez la fruta se lavó, desinfectó, se peló y trozó como en las partes anteriores se preparó un inóculo 10^{-6} de *E. coli*, *Salmonella Typhi* y *Aspergillus niger* en una botella de 150ml para cada microorganismo y por aspersión se inocularon tres lotes tratamientos y control. Las muestras inoculadas se mantuvieron por un periodo de 5 minutos para la absorción del inóculo, posteriormente se almacenaron en recipientes PP5 y fueron refrigerados a 5 °C. El análisis microbiológico se realizó los días 0, 3, 6, 9 y 12 de almacenamiento. Se tomaron muestras de 25 g bajo condiciones estériles (guantes, escalpelos) y se homogeneizaron en 225ml de agua peptonada estéril al 0.1% por dos minutos. Luego se realizaron diluciones seriadas de 1:10. Un (1) ml de cada dilución fue utilizado para sembrar en Mc Conckey Sorbitol, Desoxicolato Xilosa Lisina (XLD) y Agar Dextrosa de Patata (PDA) con cloranfenicol para *E. coli*, *Salmonella* y *Aspergillus niger*, respectivamente. Las lecturas fueron llevadas a cabo a las 48 horas para *E. coli* y *Salmonella* (37°C) y 5 días para *Aspergillus niger* (25 °C).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El melón cantalupo luego de ser recolectado continua vivo, lo cual implica cambios estructurales y bioquímicos. Además, está continuamente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos tales como enfermedades por microorganismos, ya sea durante almacenamiento o comercialización (Arias, 2007)

Con el fin de resolver esta problemática sin la adición de químicos, se evaluaron diferentes concentraciones de *Aloe Vera* con el fin de determinar que concentración es la más efectiva como un tratamiento pos cosecha, que genere un alimento inocuo con una vida de anaquel mayor.

4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES

Antes de determinar las técnicas que fueron empleadas y los términos de muestreo, se realizaron pruebas de menor escala en los laboratorios. Primeramente, se evaluó la sensibilidad antimicrobial mediante difusión en discos y difusión en pozo. En estas pruebas hubo problemas de difusión del gel de *Aloe Vera* en los agares utilizados. Por tal razón se decide evaluar sembrado por dilución y voltametría, obteniendo resultados positivos y reproducibles. Adicional a esto se evaluó el gel de *Aloe Vera* frente a métodos físicos tales como pasteurización y luz ultra violeta con el propósito de alargar la vida útil del gel. Al realizar esto, el gel de *Aloe Vera* perdió gran parte de sus propiedades antimicrobiales, permitiendo el crecimiento abundante de los microorganismos inoculados. Es por esto que no se emplean estos métodos físicos y se decide solo estabilizar el gel de *Aloe Vera* con ácido cítrico.

Los días de muestreos establecidos fueron cada tres días debido a que los muestreos semanales mostraban cambios más bruscos. Al determinar días de muestreos más seguidos se pueden apreciar de mejor manera los cambios del producto.

4.2 VOLTAMETRÍA CÍCLICA Y SEMBRADO POR DILUCIÓN

En las pruebas de voltametría cíclica se encontró que existen diferencias significativas entre los grupos evaluados, donde $p < 0.05$ tanto en la inoculación con *E. coli*, *Salmonella* Typhi y *Aspergillus niger* (Anexo 8.2.1). Al comparar los grupos (Figura 11, 12 y 13) se puede ver como el control tiene un comportamiento distinto a los grupos tratamiento (20%, 30% y 40% de AV), en cambio el 20%, 30% y 40% de *Aloe Vera* no mostraron diferencias entre sí. En las soluciones inoculadas con *Salmonella* Typhi y *Aspergillus niger* tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 8.2.1.2 y 8.2.1.3) pero si se observó diferencias significativas entre sus controles. Igualmente se puede apreciar que las soluciones controles de *E. coli*, *Salmonella* y *Aspergillus* manifestaron mayor actividad metabólica a diferencia de las soluciones de *Aloe Vera*.

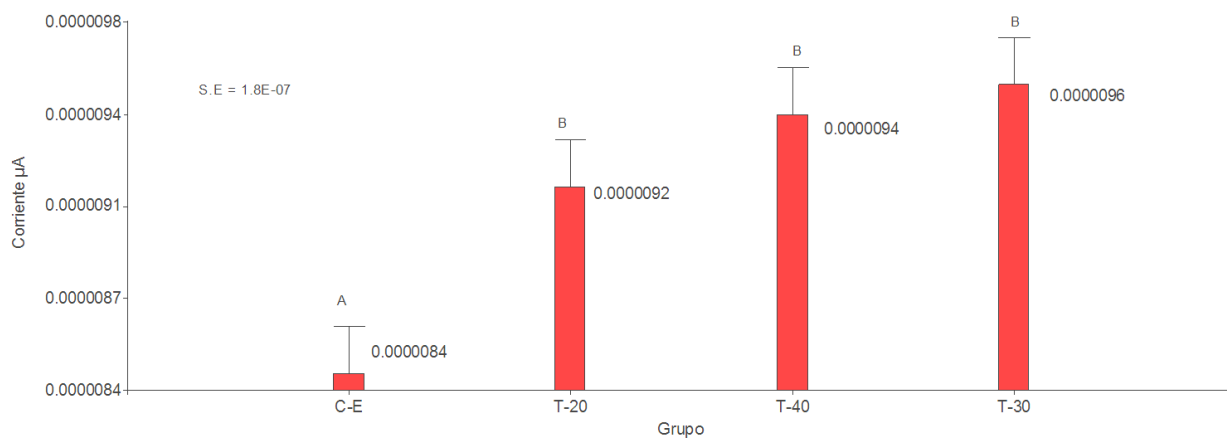


Figura 11: ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin *Aloe Vera* inoculadas con *E. coli*

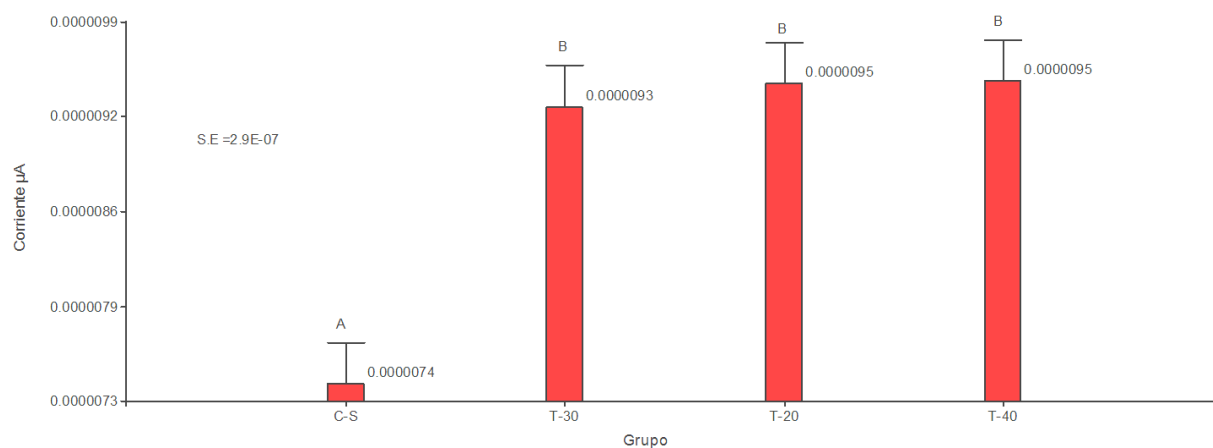


Figura 12: ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *Salmonella Typhi*

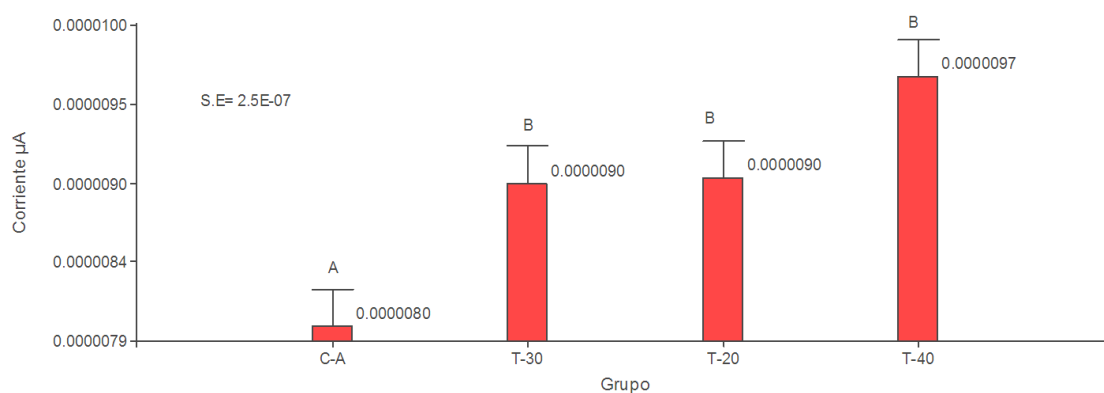


Figura 13: ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *Aspergillus niger*

En este diseño al haber mayor corriente significa que hay mayor oxígeno disuelto en la solución, significa que está disponible para su uso, en otras palabras, el microorganismo que esté presente, no lo está utilizando, no está metabólicamente activo. Cuando el oxígeno es utilizado, se está extrayendo energía para usarlo al momento o almacenarlo para su uso posterior, por lo que se puede ver una disminución en la corriente. Con esta energía se alimentan, excretan sus desechos,

se reproducen, realizan sus funciones básicas de vida. En otras palabras, el crecimiento o presencia de bacterias inhibe los picos de corriente (Frontini et.al., 2004).

A medida que se tomaba muestra durante el periodo de dos horas, se puede apreciar en las figuras 14, 15 y 16 que los tratamientos con 20%, 30% y 40% de *Aloe Vera* se comportaban de manera similar. Al inicio se puede ver que el organismo, tiene un consumo estable de oxígeno, pareciera estar en un periodo de adaptación al medio (solución de AV), una vez este comienza adaptarse se ve una mayor actividad metabólica, donde se ve un incremento en el consumo de oxígeno; posteriormente a cantidad de oxígeno constante, como si el microorganismo estuviera en una fase de adaptación alargada o entrando en un periodo estacionario. En cambio, en los controles si aprecian los gráficos tanto para *E. coli*, *Salmonella* y *Aspergillus*, se puede ver que a medida que transcurre el tiempo el control se mantiene consumiendo oxígeno durante las dos horas, mayormente en los 60 min y 120 minutos.

Aunque se desconoce un mecanismo de acción de la sábila sobre las bacterias, se les ha atribuido actividad bacteriana directa mayormente a los polisacáridos. Estudios de aislamiento de los componentes de la sábila también han mostrado que Aloe contiene pirocatecol (fenol hidroxilado) el cual es tóxico sobre los microorganismos ya que los fenoles actúan desnaturalizando proteínas y alterando las membranas celulares. También ácido cinámico el cual inhibe la captación de glucosa y la producción de ATP en las células en reposo de las bacterias. Otro compuesto es el ácido p-cumárico el cual es capaz de aumentar la fase lag y de inhibir la actividad enzimática de los microorganismos (Lawrence et.al., 2009).

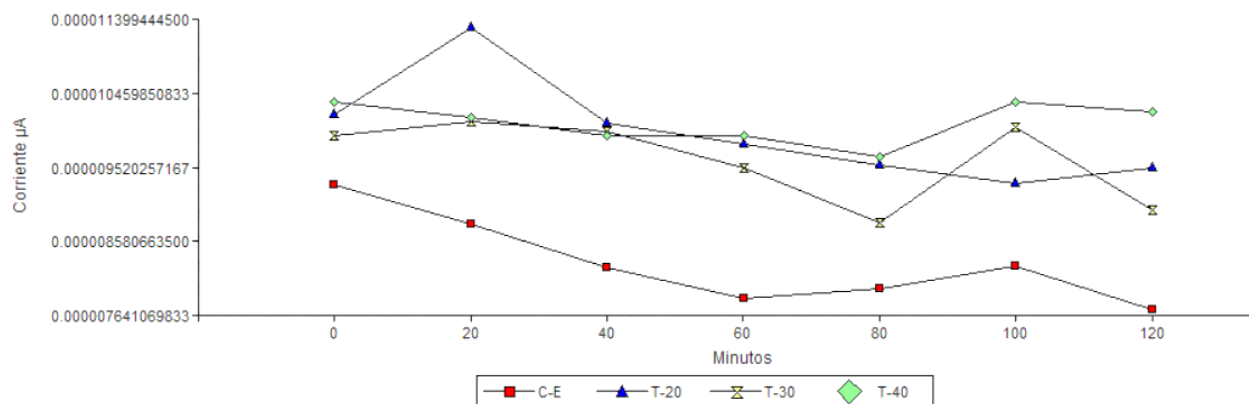


Figura 14: Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *E. coli* durante dos horas

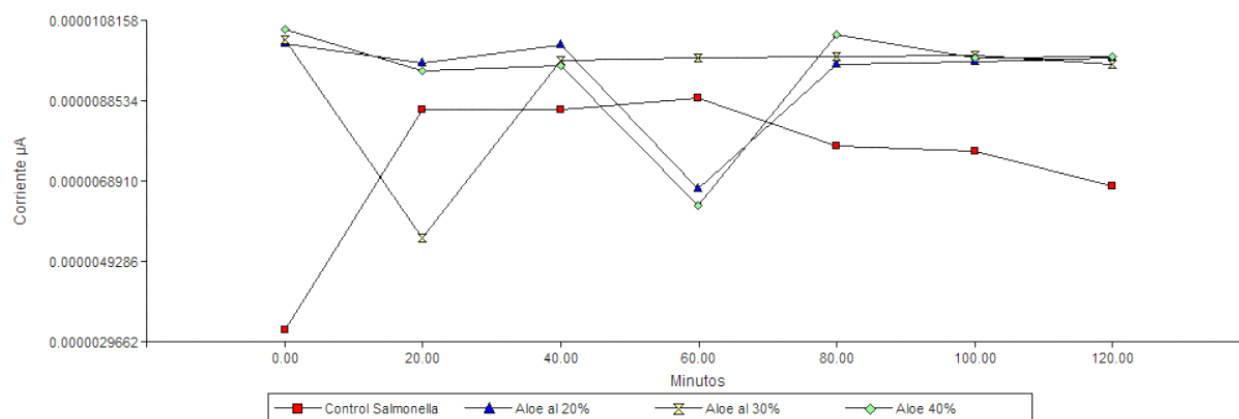


Figura 15: Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *Salmonella Typhi* durante dos horas.

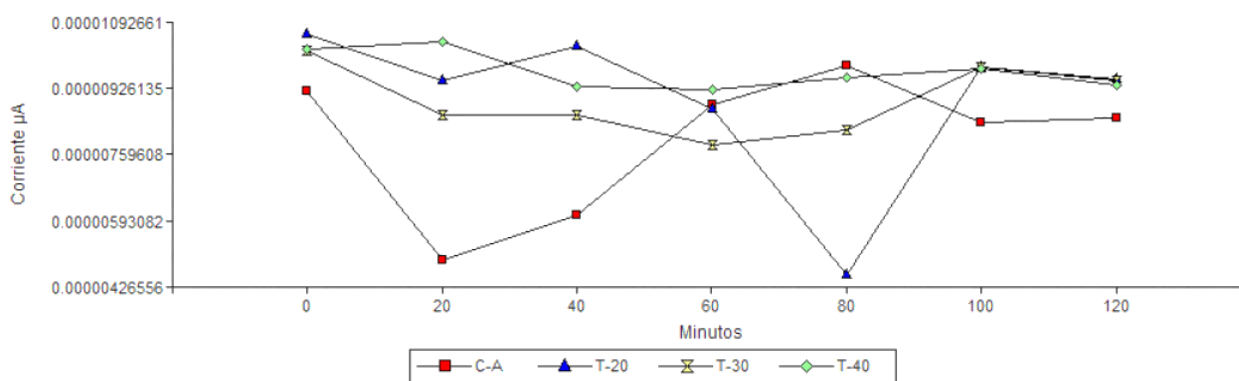


Figura 16: Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *Aspergillus niger* durante dos horas

Para poder conocer mejor el comportamiento de los microorganismos tratados con Aloe Vera y poder demostrar que estos microorganismos estaban siendo inhibidos se realizó el

sembrado en placa. De esta manera se decidió cual sería la dosis adecuada para tratar los microorganismos bajo estudio y utilizarlo como tratamiento post cosecha en cantalupos trozados. En esta prueba microbiológica no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. No se observó crecimiento para *E. coli*, ni *Aspergillus niger* en ninguno de los tratamientos, solo hubo crecimiento de *Salmonella* Typhi en el tratamiento de 20% *Aloe Vera*. En alimentos listos para consumo existe cero tolerancias a patógenos tales como *Salmonella*, es por tal razón que se eligió el 30% de *Aloe Vera*, el cual fue capaz de mantener *Salmonella* en un estado VNC (viable no cultivable). Cuando se habla de VNC se refiere a esas bacterias o microorganismos que están vivos, que tienen actividad metabólica, pero no pueden desarrollar colonias en lugares o condiciones de cultivo que comúnmente crecen. Los microorganismos VNC son importantes para la seguridad alimentaria ya que estos son capaces de “resucitar” en condiciones favorables y persistir en los alimentos recuperando su virulencia.

Una patente en *Aloe Vera* en su estudio “*in vitro*” demostró los efectos bactericida frente: *S.aureus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* coagulasa negativa y *E.coli* (Herreros, 2015). Otros estudios han demostrado resultados similares, donde el *Aloe Vera* muestra su capacidad antibacterial y antifúngica frente a *E.coli*, *Salmonella* (Lalitha et. al., 2012) y *Aspergillus niger* (Saniasiaya et al., 2017). Es evidente que las fracciones derivadas del gel interior de *Aloe vera* tienen potencial como agentes antimicrobianos, especialmente contra bacterias Gram-negativas y contra cepas resistentes de *A.niger* (Cock, 2007).

Una vez elegido el tratamiento mediante las pruebas anteriores, se aplicó *Aloe Vera* a los cantalupos trozados y se realizaron pruebas microbiológicas y físico químicas durante 21 de almacenamiento. Estas pruebas son de importancia debido a que las frutas y vegetales listos para consumo sufren mucho estrés fisiológico, el cual afecta sus atributos sensoriales. Estudiando estas

respuestas tanto microbiológicas como fisicoquímicas nos brinda un criterio de evaluación del proceso llevado a cabo y su eficacia.

4.3 COLOR

4.3.1 LUMINOSIDAD

Durante el periodo de almacenamiento se puede apreciar que la luminosidad de los cantalupos tratados con *Aloe Vera* mostró de manera significativa mayor luminosidad que las frutas sin tratamiento ($p < 0.05$) (Figura 17).

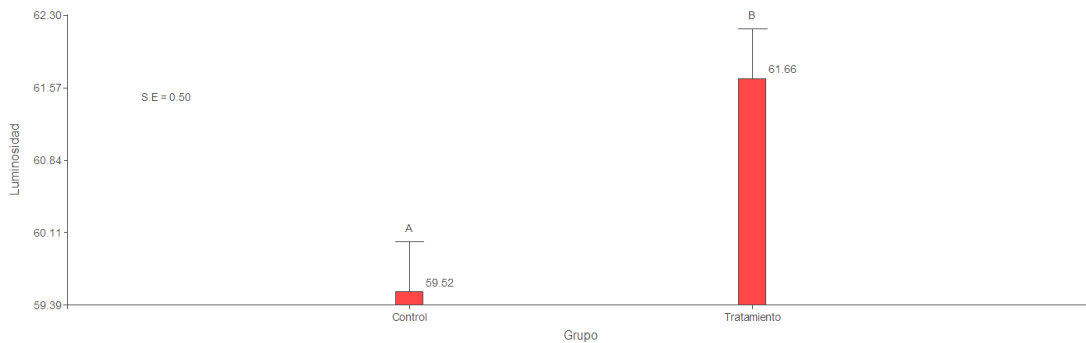


Figura 17: ANOVA- Diferencias entre las medias de luminosidad en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de *Aloe Vera*.

En la figura 18 se puede apreciar que la luminosidad va disminuyendo a medida que transcurren los días de almacenamiento, en otras palabras, se tornan opacos. De acuerdo a los resultados obtenidos, las frutas sin tratamiento con *Aloe Vera* son significativamente más opacos que las frutas tratadas con *Aloe Vera*. Cuando las frutas y verduras son trozadas, las enzimas oxidantes (polifenoles oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD) se activan como respuesta a la tensión generada por el proceso de herida (corte), provocando pardeamiento. Aunque el cantalupo tiene una actividad débil de polifenol oxidasa, lo que ayuda a explicar la falta de reacciones de pardeamiento en el producto cortado, las frutas tratadas con *Aloe* mostraron un color significativamente diferente (L^*) comparado con cubos de control, por lo que se puede decir que

el *Aloe* es capaz de reducir estas enzimas (Chaun, 2010). Se ha informado de que la aplicación de *Aloe Vera* es un método eficaz para mantener el color de las rebanadas de manzana frescas, ya que el revestimiento de gel de *Aloe Vera* puede actuar como una película barrera al oxígeno, retrasando el pardeamiento enzimático. Sin embargo, el revestimiento no evita completamente el pardeamiento oxidativo (Tien *et al.*, 2001). Estos resultados también coinciden con Lamikanra y colaboradores (2000), Martínez Romero y colaboradores (2006) y Chaun, (2010). Esta capacidad se debe al efecto antioxidante del *Aloe Vera*, la cual se atribuye a los polifenoles presentes. Los polifenoles son capaces de proteger ciertas vitaminas y algunos aminoácidos que se destruyen fácilmente al ser expuestos al aire, así mismo, contribuyen a retrasar la decoloración.

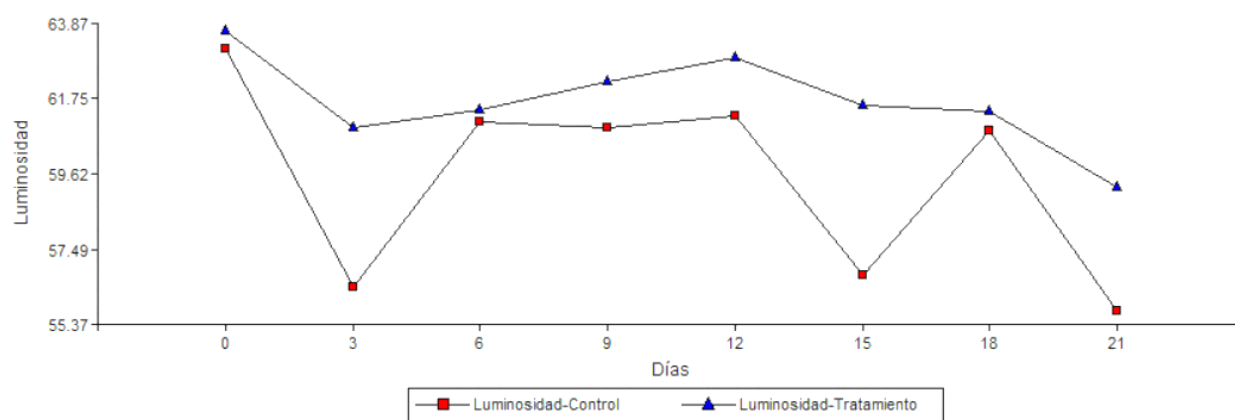


Figura 18: Luminosidad en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de *Aloe Vera* durante el periodo de almacenamiento.

4.3.2 CROMATICIDAD

Al evaluar croma se puede apreciar diferencias significativas entre el control y los tratamientos ($p < 0.05$) (Figura 19). Las frutas tratadas mantuvieron valores más altos, indicando que el *Aloe Vera* retiene mejor los pigmentos, no pierde tan rápidamente la pureza del color. Padjama y Bosco (2014) mencionan que el *Aloe Vera* es capaz de retrasar la evolución del color. Estudios en cerezas dulces realizados por Ravanfar y colaboradores (2013) y Martínez Romero y

colaboradores (2016) muestran este mismo comportamiento manteniendo un buen color hasta después de 17 días (Ravanfar et.al, 2013) y 21 días (Martínez Romero et.al., 2006).

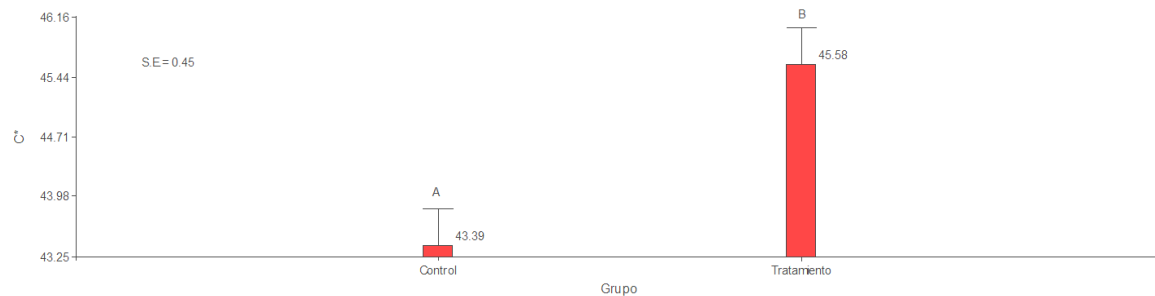


Figura 19: ANOVA- Diferencias entre las medias de saturación en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera

4.3.3 ANGULO DE HUE

Durante el periodo de almacenamiento también se evaluó el tono del cantalupo y se observó diferencias significativas entre el grupo control y el grupo con tratamiento ($p < 0.05$) (Figura 20)

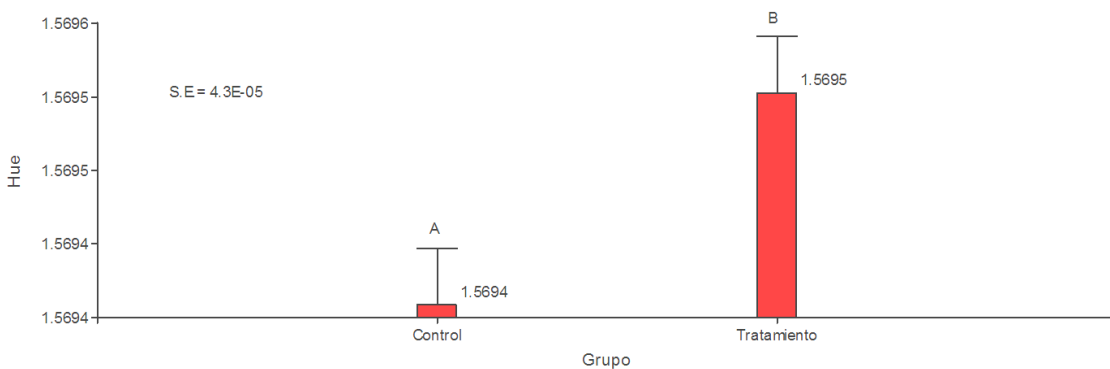


Figura 20: ANOVA- Diferencias entre las medias de Ángulo de hue en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera

A través de los días se puede apreciar una disminución de croma y del ángulo de tono (Figura 21 y 22). El ángulo de tono disminuyó bruscamente en el control, mostrando el aspecto de la fruta demasiado madura, con un color más naranja oscuro y opaco. Sin embargo, se encontraron

diferencias significativas entre el control y las frutas tratadas con *Aloe*, ya que el mantenimiento del ángulo de hue se observó durante los primeros 12 días.

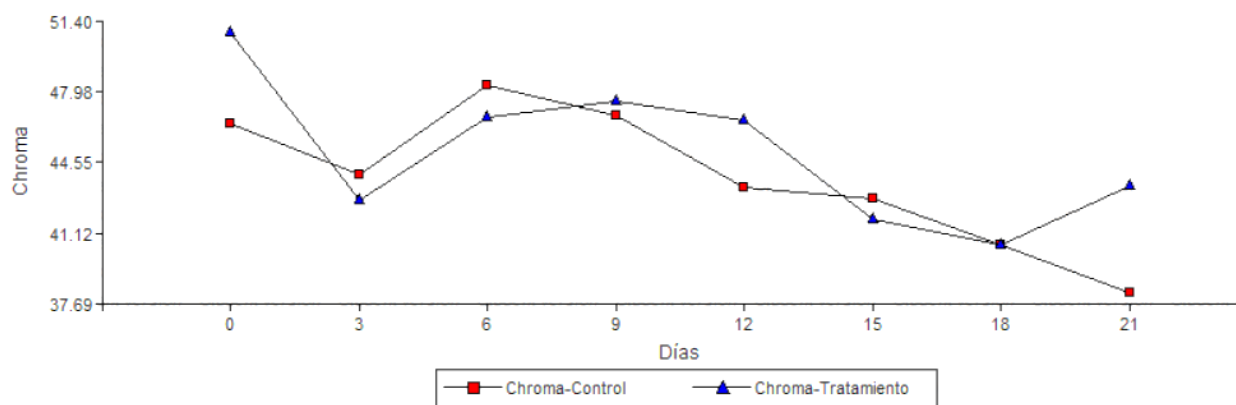


Figura 21: Cromaticidad de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento

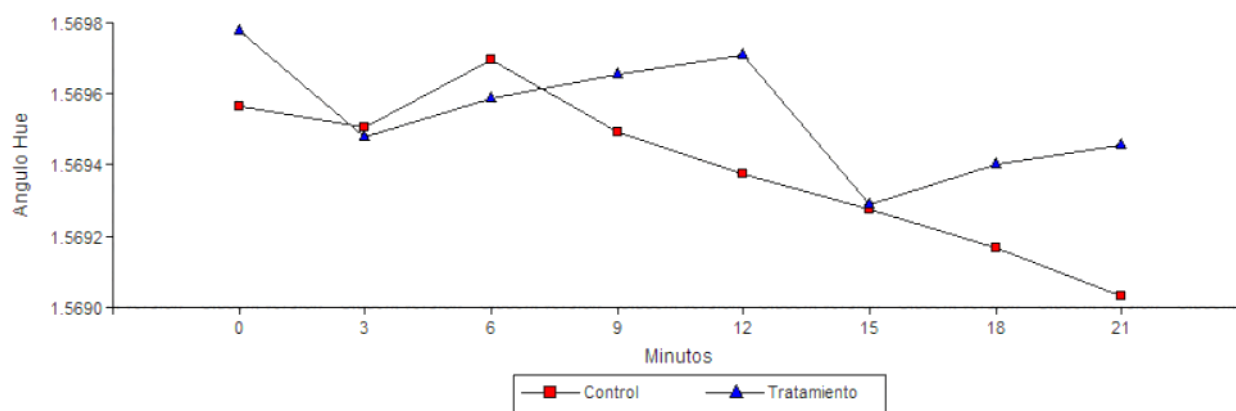


Figura 22: Tono de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento

Martínez Romero (2006) mostró este mismo comportamiento en su estudio de cerezas dulces, donde observó un mantenimiento del ángulo de hue durante 13 días. Con estos resultados indicó que el *Aloe Vera* es capaz de controlar la evolución del color, manteniendo un color más vivo al igual que Padjama y Bosco (2014) en su estudio de manzanas. Estos sugieren la posible capacidad anti pardeamiento, la cual se entiende que es por la reducción de las enzimas PPO como se ha mostrado en estudios de uvas (Alberio, *et.al*, 2015). Las PPO producen *O*-quinonas las

cuales provocan pigmentos de color negro, marrón o rojo, lo que a su vez es la causa del pardeamiento enzimático.

Otras investigaciones tales como la de Navarro-Martínez (2013), la cual se enfocó en la aplicación de *Aloe Vera* en uvas, cerezas y melocotones, también observó que las frutas tratadas con *Aloe Vera* mantuvieron mejor los pigmentos de color. Estudios en rebanadas de manzana por Chauhan (2011) reflejaron que la aplicación de *Aloe Vera* mantuvo el color original de las mismas en comparación a su control y a un recubrimiento comestible a base de shellac.

4.4 PÉRDIDA DE PESO Y TEXTURA

Una vez se recolecta el fruto, se interrumpe el ciclo natural entre la planta madre, aumentando la transpiración o sea la pérdida de agua hacia la atmósfera (FAO, nd). A medida que incrementa la pérdida agua del producto, su apariencia cambia (aspecto deshidratado), la textura cambia, se vuelve más blando el producto, haciéndolo susceptible a ataques microbianos y pérdidas económicas y podría ser rechazado por el consumidor (Martínez et al., 2006)

Al evaluar el porcentaje de pérdida de peso se encontraron diferencias significativas entre los grupos (7.2.2.4) representado en la figura 23. La solución acuosa de sábila inhibe la pérdida de peso al compararse con los controles. La diferencia entre las medias es de 2.46 ± 0.22 , y el control obtuvo un porcentaje de pérdida de agua mayor de 4.42 y los tratamientos de 1.96.

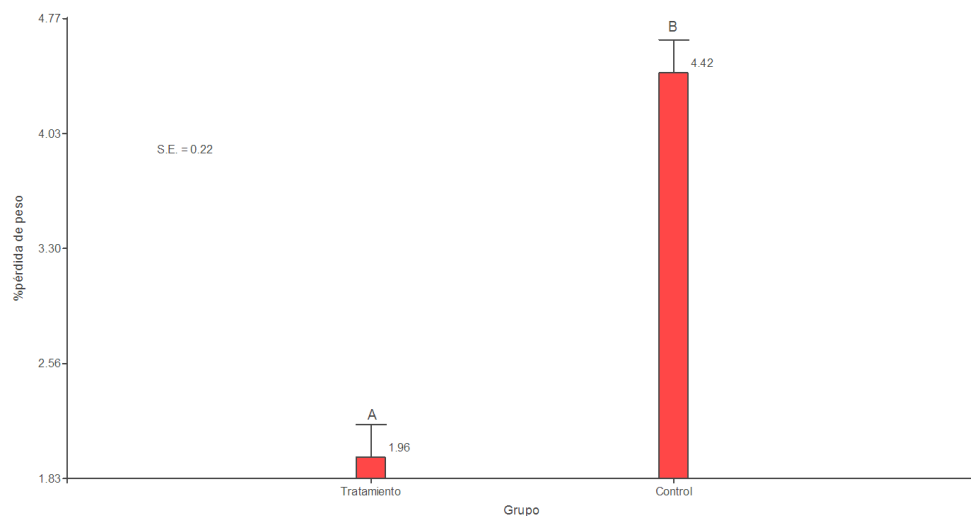


Figura 23: ANOVA- Diferencias entre las medias de pérdida de peso en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera

Con respecto al tiempo de almacenamiento también se puede apreciar en la figura 24 que a medida que transcurrió el tiempo la pérdida de agua del fruto fue aumentando a través de los días, siendo significativamente mayor en los grupos control comparado con las frutas tratadas con Aloe Vera.

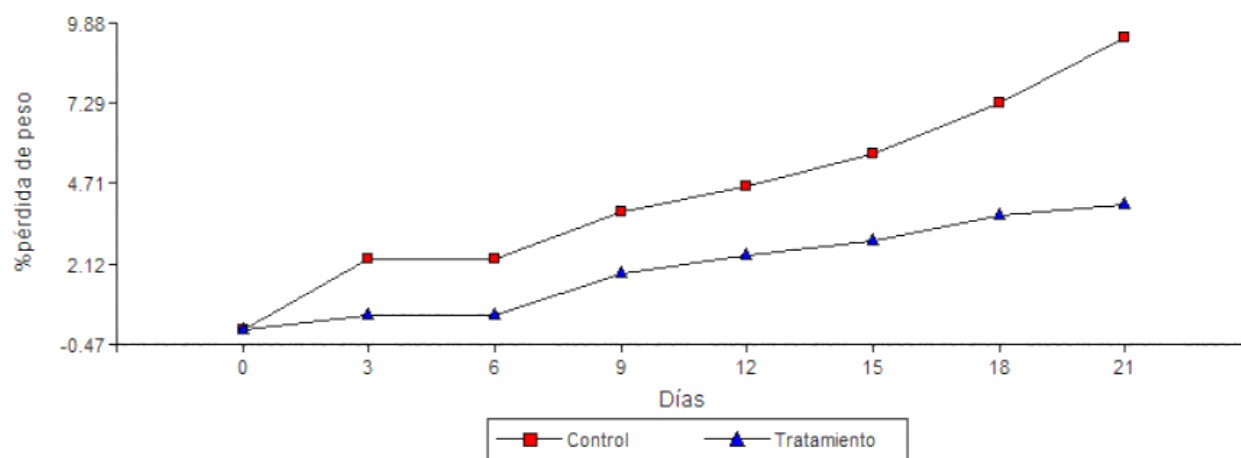


Figura 24: Porcentaje de pérdida de peso de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera a través del periodo de almacenamiento.

Este efecto positivo se entiende que es a causa de los polisacáridos presentes en el gel como se menciona en los artículos de Martínez Romero y colaboradores (2006). Estos son compuestos

higroscópicos, o sea que atrapan agua del medio ambiente, creando entonces un tipo de barrera, bloqueando la pérdida de agua. Ni y colaboradores (2004) adjudican también este efecto a los polisacáridos, pero menciona que existe discrepancias en las especies de polisacáridos presentes y el mecanismo de acción.

La pérdida del agua tiene un efecto en la textura de un producto. Durante el experimento se observó diferencias significativas en la textura de los cantalupos tratados y el control, manteniendo los primeros una mayor firmeza a través de los días de almacenamiento (Figura 25). La firmeza de la pulpa disminuyó en función del tiempo de almacenamiento, pero las frutas tratadas con sábila se mantuvieron más firmes durante el periodo de almacenamiento ya que no hubo tanta pérdida de agua en comparación al control, mostrando menos penetración por el “probe” en comparación al control (Figura 26).

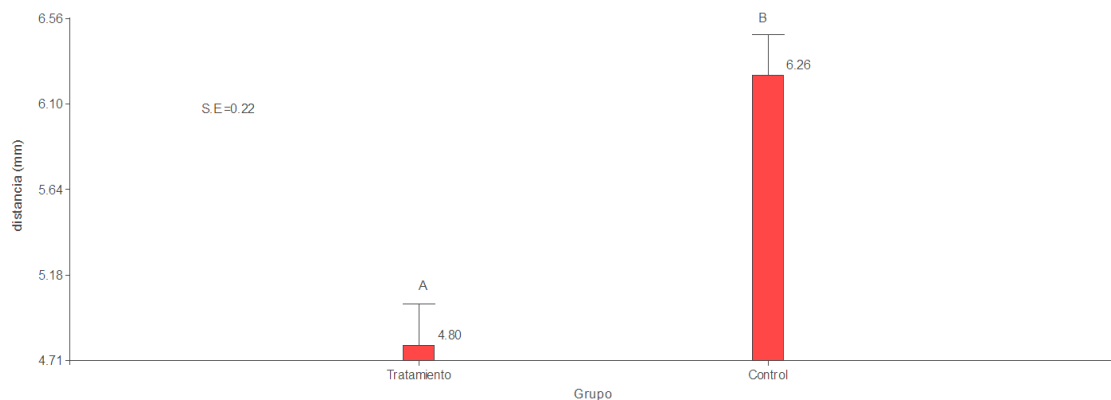


Figura 25: ANOVA- Diferencias entre las medias de firmeza en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.

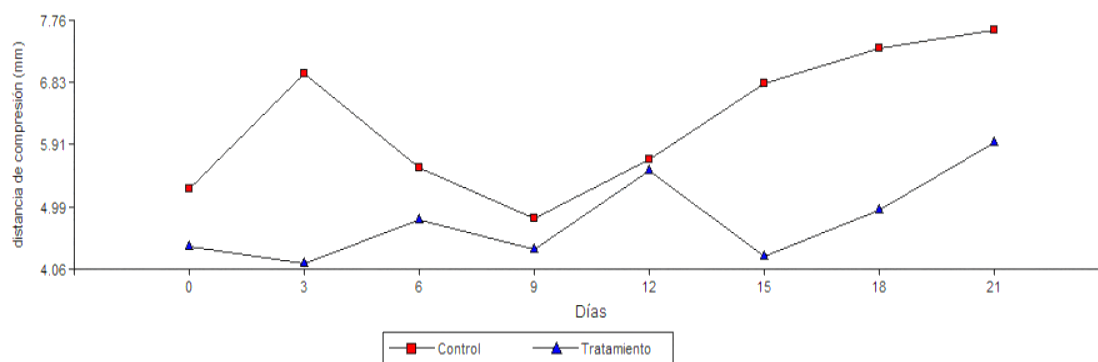


Figura 26: Firmeza de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera a través del periodo almacenamiento

Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Martínez- Romero y colaboradores (2003) en cerezas y uvas, el cual evaluó la calidad pos cosecha en estos frutos con un recubrimiento comestible a base del gel de *Aloe Vera*. Al evaluar los parámetros de peso y firmeza de los frutos, por un periodo de 16 días para cerezas y 21 días para uvas se observó una reducción significativa en la firmeza de los grupos control. En cambio, las frutas con tratamiento mostraron una reducción en la firmeza mucho menor. Esto se debe a que el *Aloe Vera* funcionó como barrera, evitando pérdida de agua durante el almacenamiento, por tanto, su firmeza no fue afectada significativamente. Valverde y colaboradores (2005), Mohebbi y colaboradores (2011) Ramírez y colaboradores (2013) y Song y colaboradores (2013) también informaron que el recubrimiento de gel de *Aloe Vera* redujo la pérdida de firmeza de las uvas de mesa, champiñones, moras y manzanas durante el almacenamiento. La menor pérdida de firmeza se debe principalmente al recubrimiento de gel de Aloe vera, que proporciona una barrera a la difusión del agua y retrasa la deshidratación (Mohebbi *et.al*, 2011). En adición no se puede descartar la posibilidad de que el *Aloe Vera* reduzca las actividades de α -galactosidasa, poligalacturonasa y pectina metilesterasa, las cuales son responsables de la degradación de las paredes de las frutas (Valverde *et al.*, 2005).

4.5 PH

El parámetro de pH nos ayuda a caracterizar un alimento y da información en aspectos relacionados a la inocuidad de un producto. Para el parámetro de pH entre las muestras control y aquellas tratadas con *Aloe Vera* no se encontraron diferencias significativas entre las medias (Figura 27).

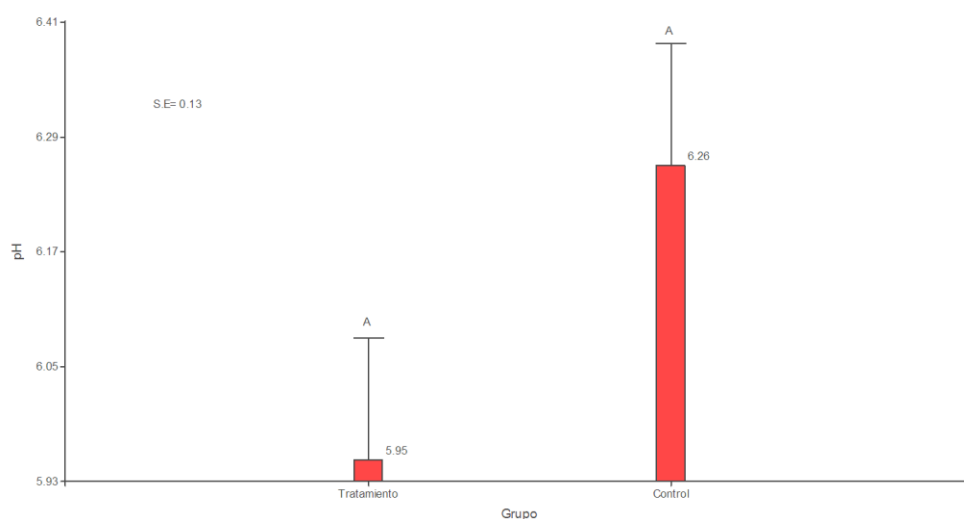


Figura 27: ANOVA- Diferencias ente las medias de pH de los cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de *Aloe Vera* durante almacenamiento.

En la figura 28 se presentan los valores de pH de los cantalupos trozados tratados con *Aloe Vera* y sus controles almacenados en refrigeración por un periodo de 21 días. A pesar que las diferencias entre las medias no son significativas, el descenso en pH en los controles es más marcado que el observado en las muestras tratadas. Este comportamiento se puede atribuir a la barrera protectora que produce la sábila, la cual retrasa el proceso de maduración en el cantalupo. Al reducirse el metabolismo (por ende, la maduración) disminuye la tasa de respiración de los tejidos, restringiendo la degradación de los ácidos orgánicos, causando poca variación del pH (Barth, 2009).

Con respecto a los valores reportados de pH, las frutas tratadas muestran estar un poco por debajo del pH reportado por la FDA, que establece un rango de 6.13 a 6.53; sin embargo, en un estudio que ejecutó Arruda y colaboradores (2004) en cantalupos se encontraron valores de 5.76 a 5.82. Esa variación puede estar relacionada al tipo de suelo cultivado, la época del año, zona, entre otros aspectos relacionados a la fisiología y tipo de cultivo.

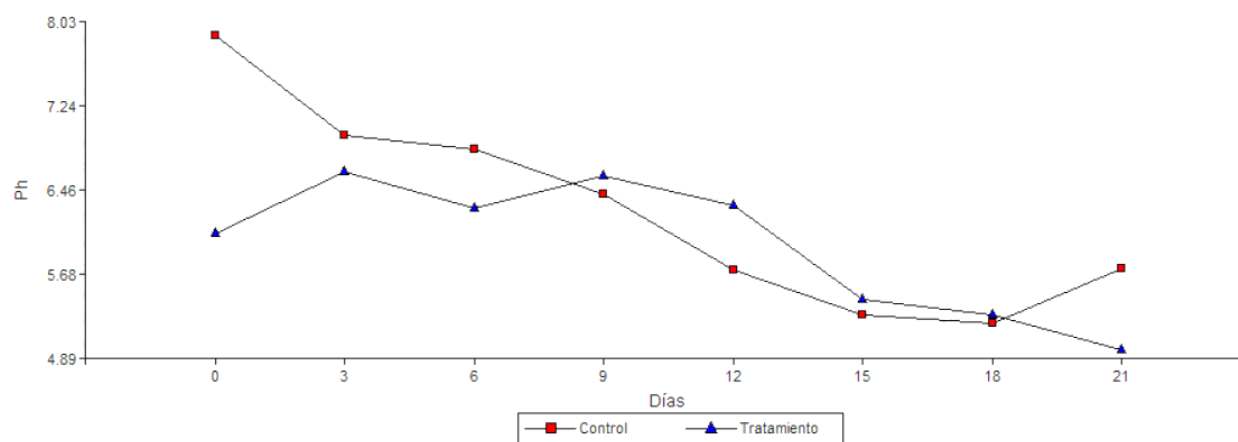


Figura 28: pH de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento.

4.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

4.6.1 AEROBIOS TOTALES

Las frutas listas para consumo pasan por mucho estrés y manejo siendo propensas a contaminación por microorganismos. La cuantificación de estos microorganismos aerobios nos dice la carga microbiana presente en esa muestra. Esta prueba no nos indica que especies están presentes y altos recuentos no indica necesariamente que sea a causa de patógenos, como tampoco conteos bajos indican ausencia de los mismos.

En la sección 8.2.3.1 se muestra un análisis de varianza entre los cantalupos trozados almacenados a 5° C y 95% de humedad relativa versus los melones tratados con *Aloe Vera*

representado en la figura 29. En esta figura se puede apreciar que existen diferencias significativas entre el grupo control y tratamiento.

En los días iniciales el crecimiento fue bajo, alrededor de 1.13×10^3 para tratamientos y 3.10×10^3 UFC / g para control. El conteo total fue incrementando de forma significativa del día 6 en adelante (Figura 30). La calidad de los trozos de frutas para el día 15 de almacenamiento no eran aceptables para el control ya que sus recuentos microbiológicos y apariencia eran objetables, en cambio las frutas tratadas todavía al día 18 eran aptas para consumo.

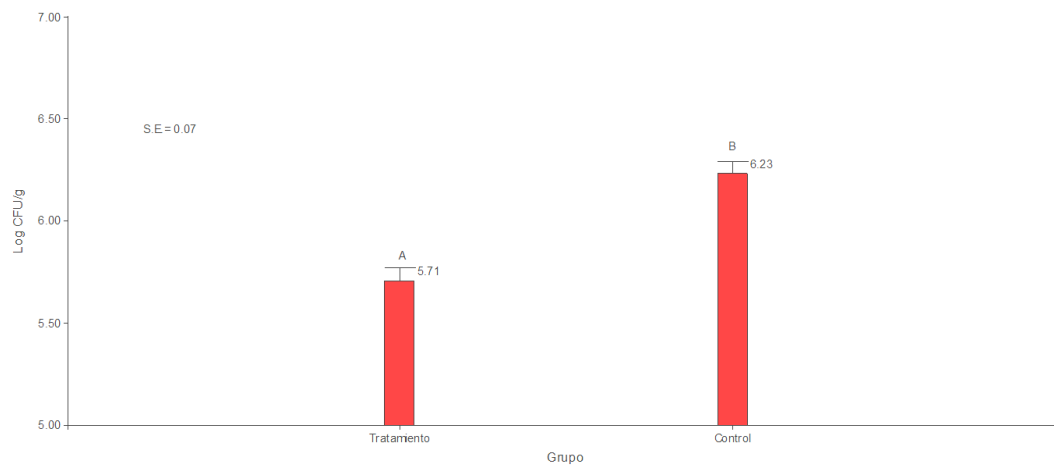


Figura 29: ANOVA- Diferencias entras las medias de crecimiento de aerobios totales en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.

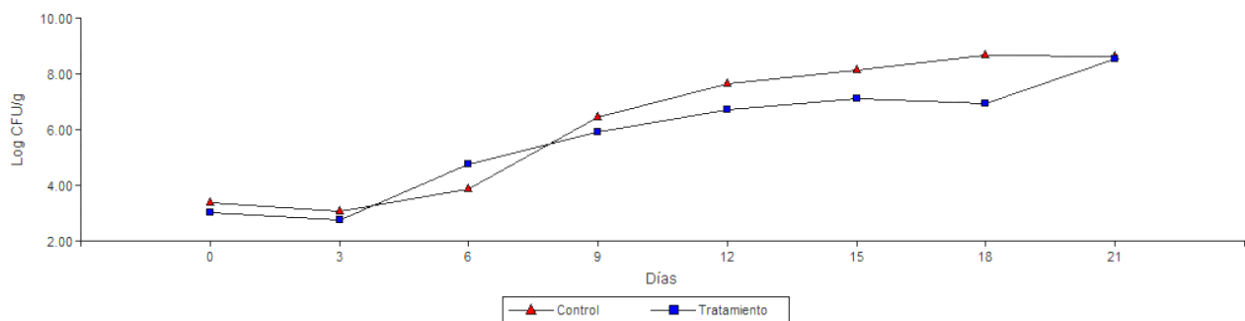


Figura 30: Crecimiento de aerobios totales en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento.

4.6.2 HONGOS Y LEVADURAS

Los hongos y las levaduras se encuentran distribuidos en el ambiente y son dispersos por el aire con gran facilidad. Algunos de ellos son de gran utilidad en la industria alimentaria, pero también estos son capaces de descomponer los alimentos provocando pérdidas en la calidad. Estos tienen un crecimiento lento y se ven en alimentos donde no es favorecido el crecimiento bacteriano. Los recuentos de hongo y levaduras nos permiten evidenciar el grado de contaminación general de los alimentos. Además, indican la posibilidad de desarrollar hongos toxigénicos.

En la figura 31 se hace evidente las diferencias significativas entre el grupo control y el grupo tratamiento ($p < 0.05$), siendo las frutas tratadas las de menor recuento de hongos y levaduras; estas diferencias son de 2.24×10^8 (Sección 8.2.3.2).

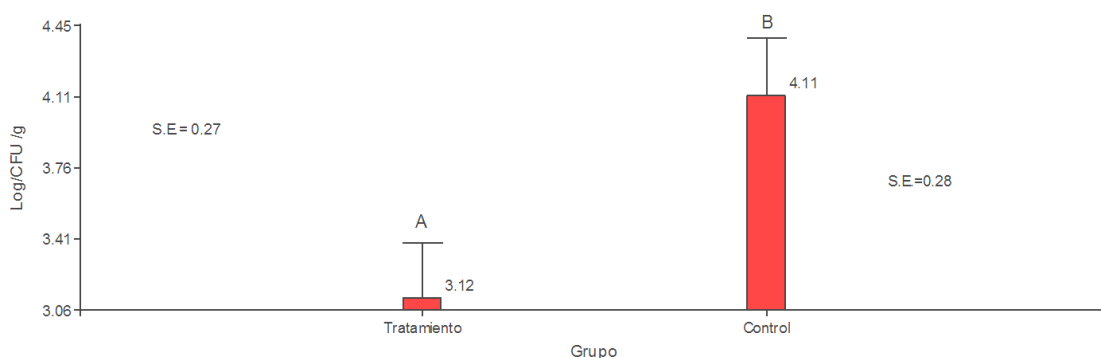


Figura 31: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de mohos y levaduras en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.

Con el transcurso de los días se puede apreciar (Figura 32) que las frutas tratadas con Aloe no permitieron crecimiento de mohos y levaduras hasta el día 6, manteniendo valores constantes hasta el día 21, en cambio las frutas control comenzaron a tener crecimiento de mohos y levaduras del día 3 en adelante, incrementando gradualmente a través del periodo de almacenamiento.

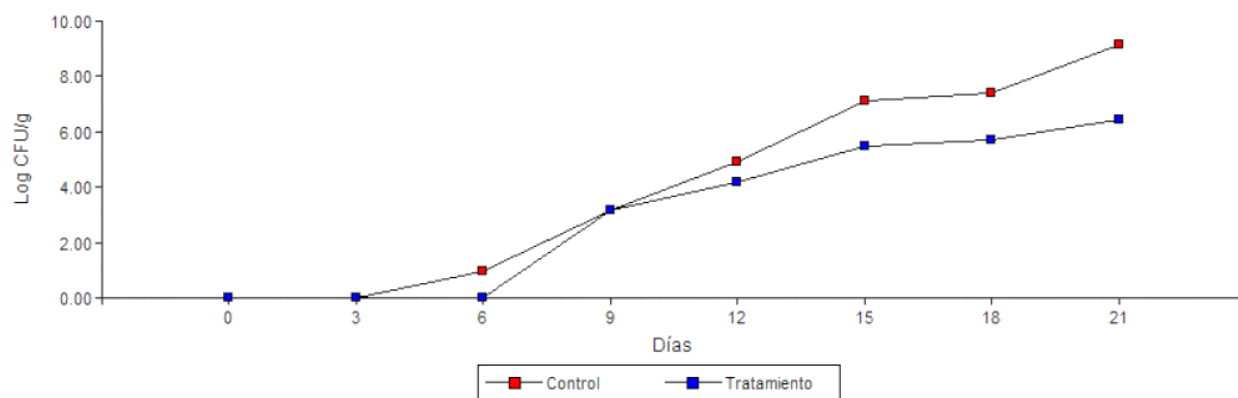


Figura 32: Crecimiento de mohos y levaduras en cantalupos trozados con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 21 días de almacenamiento.

Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Valverde y colaboradores (2005) en uvas y Navarro-Martínez (2013) en uvas, cerezas, nectarinas y melocotones, en el cual los tratamientos con gel de *Aloe Vera* fueron eficaces en la reducción de la población microbiana con respecto a las frutas control, tanto para mohos y levaduras como para aerobios totales. Adicional a estos estudios *Aloe Vera* ha demostrado tener propiedades antifúngicas contra el crecimiento micelial de hongos fitopatogénicos aislados en plantas ornamentales (D' Amore, 2015). La inhibición del crecimiento de estos microorganismos se podría atribuir a la presencia de más de un compuesto activo con actividad antimicrobial (Ali *et al.*, 1999), aunque aún no se conoce el mecanismo o mecanismos de acción específicos.

4.6.3 INOCULACIÓN

A la hora de estudiar un agente antimicrobial se comienza con pruebas “*in vitro*”, de esta manera bajo condiciones estériles se puede observar el efecto del antimicrobial sobre un inóculo, enfocándose solo en él, sin otras variables que se pudieran encontrar en algo vivo. El siguiente paso es comparar esos resultados en condiciones “*in vivo*”, ya que se puede ver el efecto total del tratamiento sobre la matriz alimenticia. Este último paso nos proporcionará información sobre la

efectividad del tratamiento sobre el alimento. Al realizar la inoculación a cantalupos trozados, se puede apreciar que no se obtuvo el mismo efecto “*in vitro*”, ya que, si hubo crecimiento de los microorganismos en las frutas tratadas (“*in vivo*”), sin embargo, si se observó un efecto positivo. Se puede apreciar que los grupos de frutas inoculadas con *E. coli* obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Sección 8.2.4.1), donde las frutas tratadas con *Aloe Vera* muestran disminuir significativamente el crecimiento de *E. coli*, estas diferencias se ven marcadas a partir del día 6 de almacenamiento.

Los grupos de frutas inoculados con *Salmonella* Typhi mostraron también este efecto positivo, donde existe diferencias significativas en las observaciones encontradas del día 3 de almacenamiento en adelante. Sin embargo existe poca literatura al momento de esta investigación con la que se pueda comparar.

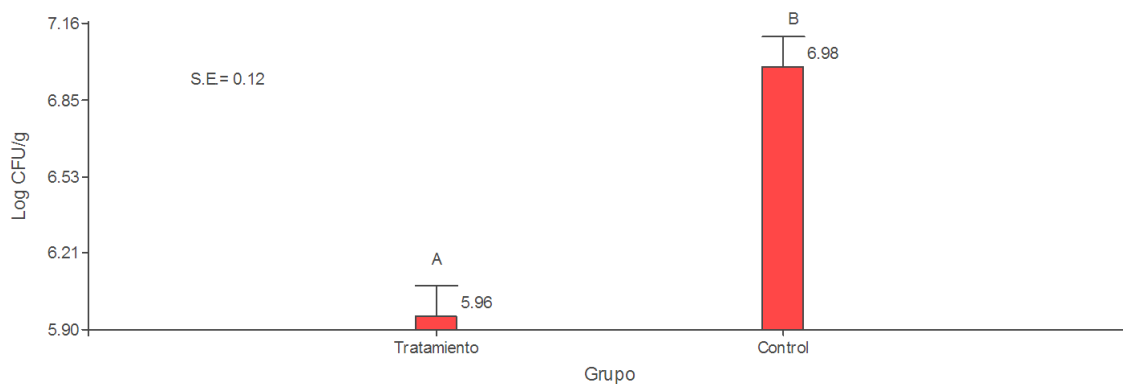


Figura 33: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de *E. coli* en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de *Aloe Vera*.

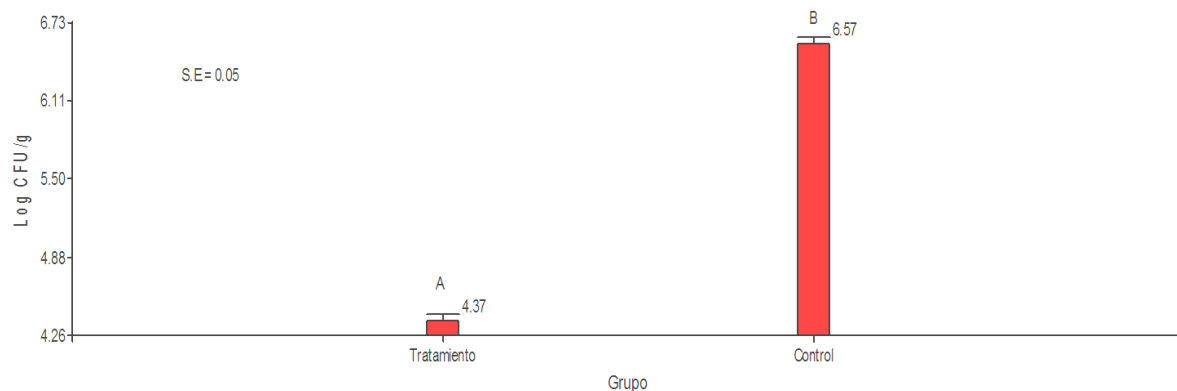


Figura 34: ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de *Salmonella Typhi* en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.

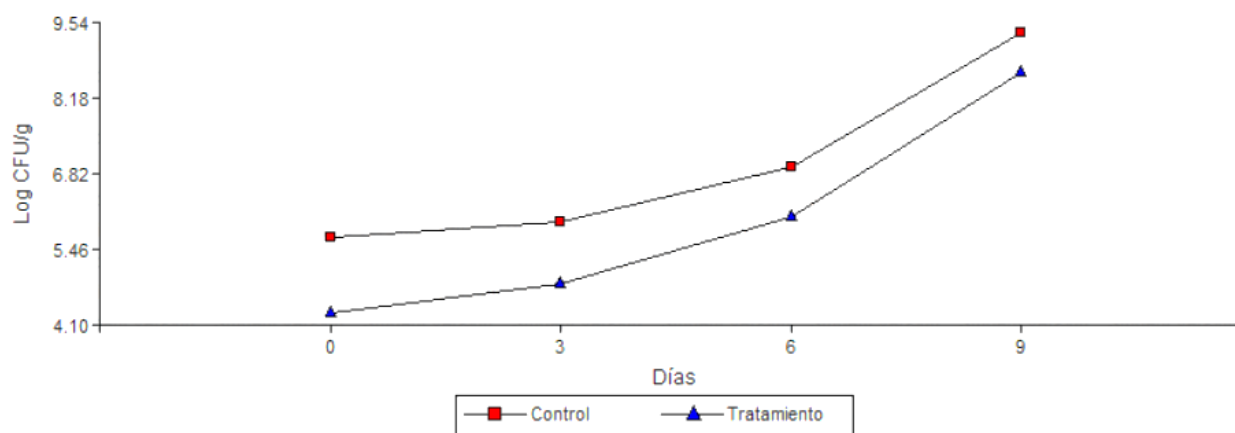


Figura 35: Crecimiento de *E. coli* en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 9 días de almacenamiento

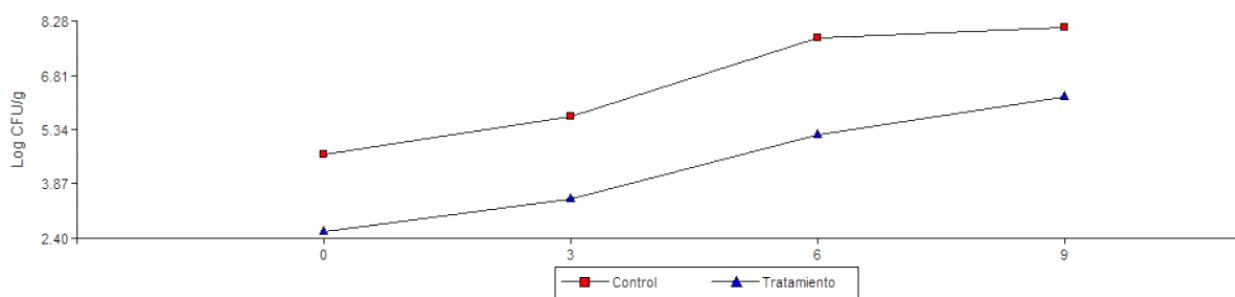


Figura 36: Crecimiento de *Salmonella Typhi* en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 9 días de almacenamiento

En las frutas inoculadas con *Aspergillus* no se mostró crecimiento en los grupos tratados con Aloe Vera durante el periodo de almacenamiento, en cambio se observó crecimiento abundante de *A. niger* en los controles a partir del día 3 de almacenamiento. Estos resultados se ven reforzados

cuando se realizó el estudio “*in vitro*” en el cual tampoco se observó crecimiento en las muestras tratadas con *Aloe Vera*.

Chuku (2006) en un estudio “*in vitro*” evaluó la efectividad de *Aloe Vera* contra *Aspergillus niger* y mostró que en diferentes concentraciones es capaz de inhibir el crecimiento de este, ya que posee metabolitos secundarios con propiedades antifúngicas y que podrían ser explotados como un agente antifúngico.

4.7 SENSORIAL

Las pruebas de aceptabilidad general son muy importantes, estas son necesarias para desarrollar estrategias en el mercado. Según las evaluaciones obtenidas (Figura 37), se aprecia una buena aceptabilidad del producto, donde un 35% de la población indicó gustarle mucho el sabor, un 30% de los panelistas indicó gustarle moderadamente, en cambio un 11% le gusto levemente. Solo un 3% indicó que le disgusta levemente. Basándose en los comentarios de ese 11% y 3% la razón por la cual reciben esta puntuación fue debido al grado de madurez de la fruta y no por un sabor adquirido de la sábila. Estos panelistas recomendaron esperar más tiempo al momento de recolección, o sea esperar que el fruto estuviese más maduro. Aunque las frutas para el experimento fueron seleccionadas y se trató de escoger todas con el mismo grado de maduración, no podemos olvidar que el fruto tiene distintos tipos de madurez. Se habla de la madurez fisiológica cuando la fruta se encuentra en un estado desarrollo en que puede continuar madurando para consumo después de la cosecha, también se habla de madurez hortícola, la cual se refiere al estado en el que la fruta se encuentra apta para consumo o para comercio, esta puede o no puede coincidir con la madurez fisiológica. También está la madurez organoléptica o de consumo, esto es cuando la fruta reúne todas las características agradables al consumidor: color, olor, textura, composición (Bialeche, 2012). Otros comentarios mencionados por los panelistas incluyen: “no se percibe el

sabor de la sábila” y “sensación refrescante”. Esta sensación refrescante se debe a la textura, jugosidad y sabor del producto.

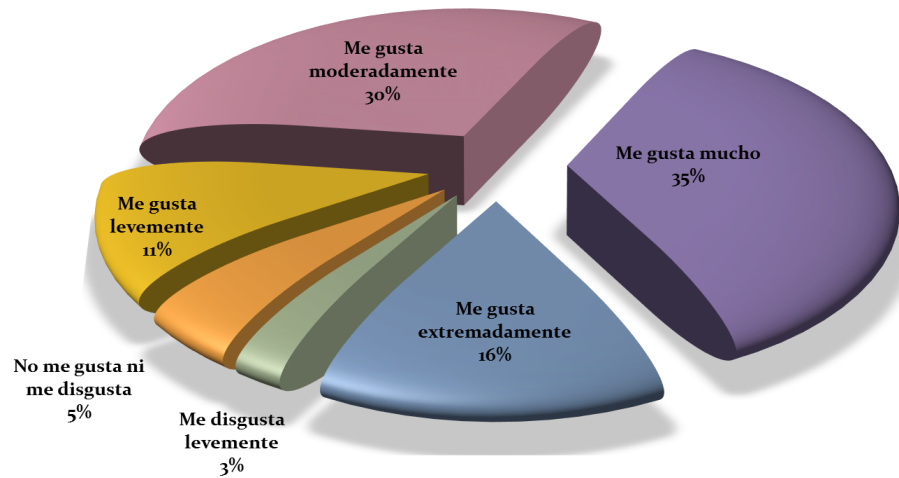


Figura 37: Aceptabilidad general de cantalupo listo para consumo en solución acuosa de Aloe Vera

4.8 ANÁLISIS DE COSTO

Ingrediente	unidad	Precio por unidad	Cantidad	Costo
Penca de sábila	Penca	.75¢ penca	4 pencas (1,135g aprox)	\$3
Agua destilada	Galón	\$1.00	2645g	.70¢
Carbón activado	1 pote 22 oz	\$7.69	100g	\$1.23
Ácido cítrico	Pqt (5 lb)	\$20	11.35 g	.10¢
Total				\$5.03

El costo total es a base de un galón de solución, es de recordar que, si se prepara a mayor escala, los costos disminuyen ya que se pueden comprar ingredientes al por mayor.

5. CONCLUSIONES

La solución de *Aloe Vera* como tratamiento pos cosecha sirve como barrera protectora, reduciendo la pérdida de peso y retardando el proceso de maduración sin alterar el sabor. En adición esta retrasa los cambios en color y ablandamiento, manteniendo la calidad del producto. Estos resultados fueron confirmados por la reducción de los microorganismos aerobios, mohos y levaduras y el análisis sensorial.

6. RECOMENDACIONES

Para fines de conocer a fondo la efectividad de este producto y su actividad antimicrobial, se recomienda futuras aplicaciones en diferentes frutos y estudios en diferentes microorganismos para su uso comercial, también se pudiera experimentar como tratamiento pre-cosecha. Para comenzar a conocer el mecanismo de acción de los componentes seria de utilidad identificar mediante el uso de HPLC estos compuestos y realizar pruebas individuales con los mismos.

7. LITERATURA CITADA

Agarry O, Olaleye, M. and Bello, M.C. (2005) *Comparative antimicrobial activities of aloe vera gel and leaf*. Afr J Biotechnol 4:1413–1414

Alberio, G. R., Muratore, G., Licciardello, F., Giardina, G., and Spagna, G. (2015). Aloe vera extract as a promising treatment for the quality maintenance of minimally-processed table grapes. Retrieved March 1, 2017, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612015000200299

Álvarez, L. J., Yolanda, L. G. and Vega, A. M. (2012). *Aloe vera (Sábila): Cultivo y utilización*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Alemdar, S. (2009). Investigation of In vitro Antimicrobial Aerentctivity of Aloe vera Juice. *Journal of Animals and Veterinary Advances*, (1680-5593), 99-102.

Ali, M.I., Shalaby, N.M., Elgamal, M.H. and Mousa M. S. (1999). Antifungal effects of different plant extracts and their major components of selected Aloe species. *Phytotherapy Research* 13:401-407.

Alzamora, S.M. (1997). *Preservación. Alimentos conservados por factores combinados*. En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN.P. 45-48.

Arias, C. J. (2007). *Manual de Manejo Postcosecha de frutas Tropicales*. Recuperado Marzo 2, 2017, Disponible: http://www.bing.com/cr?IG=BB5C0C157F5E4D7EA669AD181A1F9EEE&CID=366DE754BB7B68410A32ED6DBA4A698F&rd=1&h=n5AJdVYsLttcNR7FWrNuvK_CbXD6ZYmHvLELaRg-P-Y&v=1&r=http%3a%2f%2fwww.fao.org%2f3%2fa-ac304s.pdf&p=DevEx,5058.1

Arruda, M., Jacomino, A., Fillet, M., Gallo, C. and Moretti, C. (2004). Conservation of minimally processed net melon under active modified atmosphere. *Ciênc Tecnol Aliment Campinas*. 24(1):53-8.

Barth, M., Hankinson, T., Zhuang, H. and Breith, F. (2009). Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Safety*, 16, 135-183.

Bioleche (2012). *"Maduración, clases de madurez de las frutas y sus cambios composicionales en su proceso."* Bioleche Comercial. N.p., 14 Dec. 2012. Web. Oct. & nov. 2016.

Calva, E. (2002). *Salmonella typhi y la fiebre tifoidea: de la biología molecular a la salud pública* (E. Martinez Romero & J. Martinez, Eds.). Recuperado en Febrero 07, 2017, Disponible en: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap4/>

Carrera, A. (2007). *Elaboración de enconfitado de sábila (Aloe Barbadensis) por el método de deshidratación osmótica directa*. 1-113.

Castillo-Navarro, D., Zapata, P., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valero, D. and Serrano, M. (2010). Antifungal efficacy of Aloe Vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality Postharvest. *Biol. Technol.* 183-188.

CDC (2012). *Multistate Outbreak of Salmonella Typhimurium and Salmonella Newport Infections Linked to Cantaloupe (Final Update)*. Recuperado en Febrero 18, 2017, Disponible en : <https://www.cdc.gov/salmonella/typhimurium-cantaloupe-08-12/index.html>

Center for Food Safety and Applied Nutrition. (2015). *Laboratory Methods - BAM: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria*. Retrieved February 28, 2017, from <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948.htm>

CFS. (2014). *Microbiological Guidelines for Food*. Retrieved February 27, 2017, from http://www.cfs.gov.hk/english/food_leg/files/food_leg_Microbiological_Guidelines_for_Food_e.pdf

Chauhan, O.P., Raju, P.S, Singh, A. and Bawa, A.S. Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices. *Food Chemistry*,126(3), 961–966.Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461001513X>

Chuku, E.C. (2006). Controlling Aspergillus niger in-vitro using crude extracts of Aloe vera in Rivers State. *Journal of Research in Biosciences*. Vol 2 (3) 44-48.

Cobas, H., Pavoni, S., Zayas, A., Rodríguez, F., Álvarez, E. and Contreras, R. (2007). Aplicación de la Voltametría en el Análisis del Crecimiento Microbiológico. In *VII Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería. La Habana, Cuba*. https://www.researchgate.net/profile/Houari_Cobas/publication/228716655_APLICACION_DE_LA_VOLTAMETRIA_EN_EL_ANALISIS_DEL_CRECIMIENTO_MICROBIOLOGICO/links/00b7d51c1b28eabfd000000.pdf?origin=publication_list

Cock, I. (2007). Antimicrobial Activity of Aloe barbadensis Miller Leaf Gel Components. *The Internet Journal of Microbiology*. 2007 Volume 4 Number 2.

Cody, S. H. (1999). An Outbreak of Escherichia coli O157:H7 Infection from Unpasteurized Commercial Apple Juice. *Annals of Internal Medicine*,130(3), 202. doi:10.7326/0003-4819-130-3-199902020-00005

Corbo, M. R., Speranza, B., Campaniello, D., Amato, D. and Signigaglia, M. (2010). *Fresh-cut fruits preservation: Current status and emerging ...* Retrieved July 7, 2016, from https://www.researchgate.net/publication/236552242_Freshcut_fruits_preservation_current_status_and_emerging_tecnologies

Coria - Oriundo, L. L. (2014). *Electrodos modificados con quitosano y partículas de platino para la determinación rápida de Escherichia coli*. Universidad Nacional de Ingeniería. Programa Cybertesis PERÚ Recuperado:1 de marzo de 2017 Disponible en : <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1228>

D'Amore, P. (2015). *Control de Microorganismos Patógenos y deteriorativos en Naranja (Citrus sinensis L.) y Mango (Mangifera indica L.) frescos cortados usando sustancias antimicrobianas naturales*. (Tesis Doctoral) Recuperado: 1 de marzo de 2017, Disponible en: <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/9256/1/Tesis%20Patrizia%20D%E2%80%99Amore.pdf>

Davidson, P.M. and Harrison. M.A. (2002). Resistance and adaptation to food antimicrobials, sanitizers, and other process controls. *Food Technol.* 56(11):69-78. (Institute of Food Technologists Status Summary)

Fattouch, S., Caboni, P., Coroneo, V., Tuberoso, C.I.G., Angioni, A., Dessi, S., Marzouki, N. and Cabras, P. (2007). *Antimicrobial activity of Tunisian quince (Cydonia oblonga Miller) pulp and peel polyphenolic extracts*. *J Agric Food Chem* 55:963–969

Femenia, A., Sanchez, E.S., Simal, S. and Rosello, C. (1999). Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) plant tissues. *Carbohydr Polym.* 39:109-117.

FAO. (n.d.). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles. Retrieved February 25, 2017, from <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055s02.htm>

FAO. (2010). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas*. Recuperado Octubre 13, 2014, Disponible <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s13.htm> .

FAO. (2010). *Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala- Procesos*. Recuperado Febrero 7, 2017, disponible <http://www.fao.org/docrep/x5062s/x5062s08.htm>

Flyn, D. (2012). After Salmonella Outbreaks, FDA Names Mango a "High Risk" Fruit. Recuperado en Febrero 18, 2017, Disponible: <http://www.foodsafetynews.com/2012/10/after-salmonella-outbreaks-growers-are-told-mangoes-are-high-risk-fruit/#.WKhx4vkrJEY>

Fornaris, G.J. (2001). *Variedades y su selección*. p. 8-13. En: Conjunto tecnológico para la producción de melón "cantaloupe" y "honeydew". Publicación 161. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.

Frontini, M.A. and Rosso de Sanchez, S. (2004). Electrochemical evaluation of the influence of pseudomonas sp on aluminium brass in seawater. *Congress CONAMET/SAM Proceedings*, (p. 956). Chile: Universidad de La Serena. Recuperado: marzo 1, 2017 , Disponible en: (<http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/laserena/5.pdf>)

Gampel, R. (2007). *Guía de orientación sobre las propiedades terapéuticas del jugo de aloe vera (Barbadensis Miller) y sus aplicaciones* (1a. ed.). Benidorm: Euro Éxito Aloe.

Gautam, D., Dobhal, S., Payton, M.E., Fletcher, J. and Ma, L.M. (2014). Surface Survival and Internalization of *Salmonella* through Natural Cracks on Developing Cantaloupe Fruits, Alone or in the Presence of the Melon Wilt Pathogen *Erwinia tracheiphila*. PLoS ONE 9(8): e105248. doi:10.1371/journal.pone.0105248.

Guillen, F. (2013). Aloe arborescens and Aloe vera gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 83, 54-57.

Herreros, S. (Jun 25, 2015). *U.S. Patent No. WO 2015092719 A1*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Hossain, M., Shah, M., Gnanaraj, C. and Iqbal, M. (2011). In vitro total phenolics, flavonoids contents and antioxidant activity of essential oil, various organic extracts from the leaves of tropical medicinal plant Tetrastigma from Sabah. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 717-721.

Karst, T. (2014). *USDA estimates retail and consumer food loss*. Recuperado Diciembre 9, 2014, de <http://www.thepacker.com/fruit-vegetable-news/USDA-estimates-retail-and-consumer-food-waste-246964951.html>

Lakshmi, S. (2011). *Enhancement of storage life and quality maintenance of papaya fruits using Aloe vera based antimicrobial coating*. Recuperado Febrero 7, 2017, [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/10956/1/IJBT%2010\(1\)%2083-89.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/10956/1/IJBT%2010(1)%2083-89.pdf)

Lanciotti, R., Gianotti, A., Patrignani, F., Belletti, N., Guerzoni, M. and Gardini, F. (2004). *Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits*. Trends Food Sci Technol 15:201–208.

Latorre, B. A., Viertel, S. C. and Spadaro, I. (2002). Severe Outbreaks of Bunch Rots Caused by *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* on Table Grapes in Chile. *Plant Disease*, 86(7), 815-815. doi:10.1094/pdis.2002.86.7.815c

Lawrence, R., Tripathi, P. and Jeyakumar, E. (2009). Isolation, Purification and Evaluation of Antibacterial Agents from Aloe vera. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40(4), 906-915. doi:10.1590/s1517-83822009000400023

Liaquat, F., Arif, S., Ashraf, M., Chaudhary, H. J., Munis, M. F., and Farooq, A. B. (2016). *Aspergillus niger* Causes Fruit Rot of Lemon and Grapefruit in Pakistan. *Plant Disease*, 100(9), 1951-1951. doi:10.1094/pdis-02-16-0199-pdn

Liu, C. (2001). *Study on preservatives in the aloe gel juice system*. J. Wuxi University Light Ind. (Chenses), 20(5): 480-484.

Machado, F. L. C., Alves, R. E., and Figueiredo, R. W. (2008). *Application of 1-methylcyclopropene, calcium chloride and calcium amino acid chelate on fresh-cut cantaloupe*

muskmelon. Pesq. agropec. bras. Brasília, 43, 569-574. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000500003>

Martínez, M., Betancourt, J. and Alonso, N. (1996). Ausencia de actividad antimicrobiana de un extracto acuoso liofilizado de Aloe vera (sábila). *Rev cubana Plantas Medic*, 1:18-20.

Martínez-Romero, D., Serrano, M., Valero, D. and Castillo, S. (2003). Aplicación de Aloe Vera como recubrimiento sobre frutas y hortalizas, Spain Patent 200302937.

Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biol. Technol.* 39, 93–100.

Mitra, S. (2001). *Papaya in Postharvest physiology and storage of tropical fruits and subtropical fruits*. New York: CAB international.

Mohebbi, M., Ansarifard, E., Hasanpour, N. and Amiryousefi, M.R. (2011). Suitability of aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. *Food Bioprocess Tech* 5(8):3193–202.

Molina, F., López-Acedo, E., Tabla, R., Roa, I., Gómez, A. and Rebollo, J. E. (2015). Improved detection of *Escherichia coli* and coliform bacteria by multiplex PCR. *BMC Biotechnology*, 15, 48. <http://doi.org/10.1186/s12896-015-0168-2>

Musmeci, R. and Lezcano, M. (2013). Acción antimicrobiana del gel de Aloe vera sobre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*. *Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico*; 7:23-27.

Nakasone, H. Y. and Paull, R. E. (1998). *Tropical fruits*. Wallingford: CAB International.

Navarro- Martínez, D. (2013). *Efecto de los tratamientos de gel de aloe, aplicados en pre-o post-recolección sobre la calidad de frutos de hueso y uva de mesa*. UMH. Universidad Miguel Hernández de Elche Escuela Politécnica Superior de Orihuela, n.d. Web. 19 nov. 2016.

Ni, Y. and Tizard, I.R. (2004). Analytical methodology: the gel analysis of Aloe pulp and its derivatives. Reynolds, T., Ed.; CRC Press: Boca Raton. 111-126.

Olaimat, A. and Holley, R. (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review. *Food Microbiology*, 1-19.

OMS. (2013). Salmonella (no tifoidea). Recuperado: febrero 18 de 2017, Disponible <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs139/es/>

Oranusi, S. and Olorunfemi, O. J. (2011). Microbiological safety evaluation of street vended ready-to-eat fruits sold in Ota. *International Journal of research in Biological Science*, 1(3), 22-26.

Retrieved February 24, 2017, from
<http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/798/1/Oranusi%20%26%20Olorunfemi%202011..pdf>

Ortiz, R. and Martínez, Y. (2003). *Prácticas de electro analítica*. Laboratorio de Análisis de química Laboratorio de Análisis Instrumental UNAS. Web. June & July 2016.
http://www.academia.edu/9505360/Laboratorio_de_An%C3%A1lisis_Instrumental_UNIVERSIDAD_DE_LOS_ANDES_FACULTAD_DE_CIENCIAS_DEPARTAMENTO_DE_QU%C3%8DMICA_LABORATORIO_DE_AN%C3%81LISIS_INSTRUMENTAL

Padmaja, N. and Don Bosco, S.J. (2014). Preservation of jujube fruits by edible Aloe vera gel coating to maintain quality and safety. *Indian Journal of Science Research and Technology*. 2(3): 79-88.

Park, Y.I. and Jo, T.H. (2006). *Perspective of industrial application of Aloe vera*. In: *New Perspective on Aloe*. (Eds.): Y.I. Park and S.K. Lee. Springer Verlag
Padmaja, N. and S. John Don Bosco. 2014. Preservation of jujube fruits by edible Aloe vera gel coating to maintain quality and safety. *Indian Journal of Science Research and Technology*. 2(3): 79-88g, New York, USA, pp: 191-200.

Perez, A. (2016). Trade. *United States Department of Agriculture Economic Research Service*. USDA ERS, Recuperado 13 Dec. 2016. Disponible <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/fruit-tree-nuts/trade/>

Prakash, O. and Raoof, M.A. (1989). Control of mango fruit decay with post-harvest application of various chemicals against black rot, stem end rot and anthracnose disease. *Int. J. Trop. Plant Dis.*, 6 pp. 99–106

Quezada, W. (2004). *Separata de Tecnología Grasas, Aceites y Jabones*. UTN. Ibarra-Ecuador. Recuperado: febrero 7, 2017, Disponible:
http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/331/2/03_AGI_202_TESIS.pdf

Ragaert Peter, J. L. (2003). *Microbiological and Safety Aspects of Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. In Taylor & Francis (Ed.), pp. 912–912

Ramachandra, C.T. and Rao, P.S. (2008). Processing of Aloe vera leaf gel: A Review. *Amer. J. Agric. Biol. Sci.* 3, 502-510.

Ramírez, L.S. and Castaño, D.M. (2009). Metodologías para evaluar in vitro la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. *Scientia et Technica* 15: 263 - 268

Ramírez-Gama, R. M., Millán L. B., Velásquez- Madrazo, O., Vierna- García, L., Mejía-Chávez, A., Tsuzuki-Reyes, G., Hernández- Gómez, L., Müggenburg, I., Camacho- Cruz, A. and Urzúa - Hernández, M. (2006). *Manual de Prácticas de Microbiología General*. 5ª edición. Facultad de Química, UNAM. México.

Ramirez, J, Aristizabal, I. and Restrepo, J. (2013). Blackberry conservation through the application of edible coating of Aloe vera Mucilaginous gel. *Vitae- Revista de la facultad de*

Quimica Farmaceutica, 20(3), 172-183 Recuperado: 1 de marzo de 2017, Disponible: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Protocolos2014_1_24195.pdf

Ramiro, V. (2002). Análisis de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y *Salmonella* spp. en cuatro ingredientes utilizados en la planta de lácteos de Zamorano, Honduras. Recuperado February 28, 2017, Disponible en : <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1553/1/AGI-2002-T036.pdf>

Ravanfar, R., Niakousari, M. and Mafttoonazad, N. (2013). Postharvest sour cherry quality and safety maintenance by exposure to Hot-water or treatment with fresh Aloe vera gel. *Journal of Food Science and Technology- Mysore*, 51(10), 2872-2876

Reynolds, T. (2004). *Aloes: The Genus Aloe*. CRC Press: Boca Ratón Reynolds.

Ruelas-Chacón, X., De la Luz Reyes-Vega, M., Valdivia-Urdiales, B. and Carlos, J. (2013). Conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas con recubrimientos comestibles. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9).

Sánchez, J. (2006). Revista científica versión on-line La sábila una planta milenaria de la salud. Recuperado Febrero 27, 2017 Disponible: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/106/ca106.pdf#page=22>

Santiago, P. (2015). La sábila. Recuperado Noviembre 2016, Disponible: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Sabila/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/D.T.%202015%20Agosto%20-%20Presentacion%20Cadena%20Sabila.pdf>

Sanzana, S. (2011). Functional foods enriched in Aloe vera. Effects of vacuum impregnation and temperature on the respiration rate and the respiratory quotient of some vegetables. *Procedia Food Science*, 1, 1528–1533.

Saniasiaya, J., Salim, R., Mohamad, I. and Harun, A. (2017). Antifungal Effect of Malaysian *Aloe vera* Leaf Extract on Selected Fungal Species of Pathogenic Otomycosis Species in In Vitro Culture Medium. *Oman Medical Journal*, 32(1), 41–46. <http://doi.org/10.5001/omj.2017.08>

Schweizer, M. (1994) “*Aloe vera la planta que lo cura*”. APB.

Sharma, R.C. and Vir, D. (1986). Postharvest diseases of grapes and studies on their control with benzimidazole derivatives and other fungicides. *Pesticides* 20: 1415-1415-1986.

Sinha P. and Saxena, S.K. (1987). Effect of treating tomatoes with leaf extract of *Lantana camara* on development of fruit rot caused by *A. niger* in presence of *Drosophila busckii*. *Indian Journal of Experimental Biology* 25 143-144

Smith, J.E. and Moss, M.O. (1985). Structure and formation of mycotoxins. In: *Mycotoxins. Formation, analysis and significance*. John Willey and Sons, Toronto, Canada, 31-49.

Song, H., Jo, W., Song, N., Min, S. C., and Song, K. B. (2013). Quality Change of Apple Slices Coated with Aloe vera Gel during Storage. *Journal of Food Science*, 78(6), C817-C822. doi:10.1111/1750-3841.1214

Stone, C. (2014, February 12). Recalls, Market Withdrawals, & Safety Alerts - Fresh Strawberries From Washington County Farm Implicated In E. coli O157 Outbreak In NW Oregon. Retrieved February 19, 2017, from <https://www.fda.gov/safety/recalls/ucm267667.htm>

Tien, G.L., Vachon, C., Matteescu M.A. and Lacroix M. 2001. Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. *J Food Sci* 66(4):512–6

Tortora, G. J., Funke, B. R. and Case, C. L. (1995). *Microbiology: an introduction*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC. USA.

Valverde, J.M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S. and Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on of Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *J. Agric. Food Chem.* 53, 7807–7813

Vega, G., Díaz, L., Ampuero, N. and Lemus R. (2005). El aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 32(3), 208-214. Recuperado: 8 de febrero de 2017, Disponible: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000300005>

Vogler BK and Ernst E. (1999). *Aloe vera: a systematic review of its clinical effectiveness*. Br J Gen Pract.; 49(447):823-8.

Vyas, J. (2015) "Fiebre Tifoidea: MedlinePlus Enciclopedia Médica." *U.S National Library of Medicine*. U.S. National Library of Medicine, Recuperado:12 de junio de 2016.

Ward, T. (2014, March 31). Press Announcements - Brote de origen alimentario podría estar relacionado con la papaya distribuida por Agromod Produce, Inc. Retrieved February 18, 2017, from <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm266453.htm>

Weingold, S.E., Guzewich, J.J and Fudala J.K. (1994). Use of Foodborne DiseaseData for HACCP Risk Assessment” HACCP. *Journal of FoodProtection*, págs. 820-830.

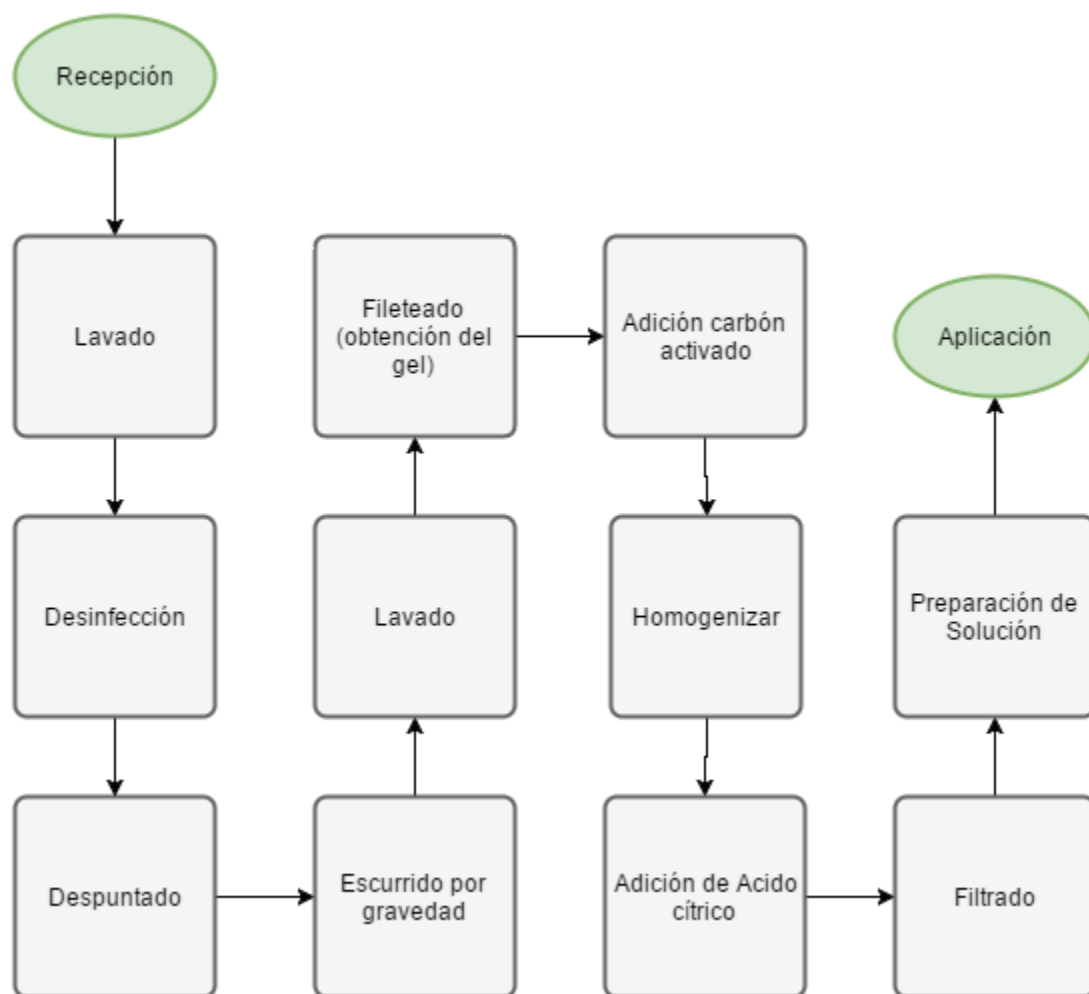
Wilcock, A., Pun, M., Khanona, J. and Aung, M. (2004). Consumer attitudes, knowledge and behaviour: a review of food safety issues. *Trends Food Sci. Technol.* 15, 56–66

Yuef, M. P., Delgado, S. H., Augusto, R. M., and Carrillo, G. V. (2013). El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. Recuperado en: Febrero 28, 2017, Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005

Zainal -Abidin, M., Shamsudin, R., Othman, Z., and Abdul Rahman, R. (2013). Effect of postharvest storage of whole fruit on physico-chemical and microbial changes of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L. *reticulatus* cv. *Glamour*). *International Food Research Journal*, 20, 501-508.

8. ANEXO

8.1 RESUMEN DEL PROCESO



8.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN INFOSTAT

Notación estadística:

N – Tamaño de la población

n- Tamaño de muestra

R^2 – Coeficiente de determinación

Adj R^2 – Coeficiente de determinación ajustado (corregido)

CV- Coeficiente de Variación

S.V- Fuente de Variación (Source of Variation)

SS- Suma de Cuadrados (Sume of Square)

df- grados de libertad (Degrees of freedom)

MS – Cuadrado Medio (Mean Square)

F- valor F (dirá si un grupo de variables son conjuntamente significativas)

p-value – valor p (probabilidad)

LSD – Diferencia Mínima Significativa (Least Significant Difference)

Test: Tukey- prueba de Tukey (prueba de comparación múltiple de medias)

S.E- Error Estándar (Standard Error)

8.2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA VOLTAMETRÍA CÍCLICA

8.2.1.1 E. COLI

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Corriente	84	0.64	0.45	8.45

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	6.3E-11	29	2.2E-12	3.36	0.0001
Bloque	1.1E-12	2	0.00	nd	nd
Grupo	4.2E-11	3	1.4E-11	nd	nd
Minutos	1.2E-11	6	2.0E-12	nd	nd
Grupo*Minutos	8.0E-12	18	0.00	nd	nd
Error	3.5E-11	54	0.00		
Total	9.7E-11	83			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

Bloque	Means	n	S.E.	
Lote A	9.4E-06	28	1.5E-07	A
Lote B	9.4E-06	28	1.5E-07	A
Lote C	9.7E-06	28	1.5E-07	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

Grupo	Means	n	S.E.	
C-E	8.3E-06	21	1.8E-07	A
T-30	9.6E-06	21	1.8E-07	B
T-20	1.0E-05	21	1.8E-07	B
T-40	1.0E-05	21	1.8E-07	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

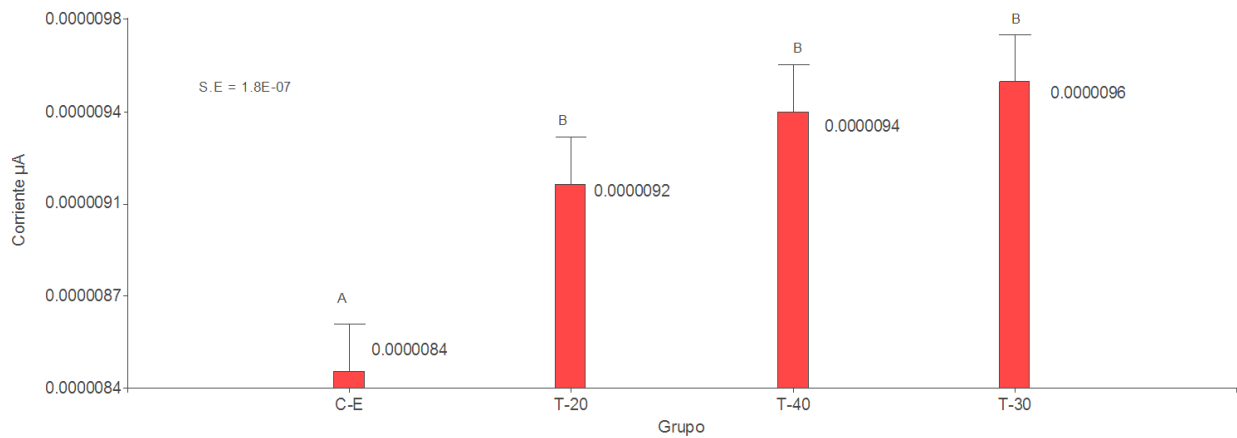
Minutos	Means	n	S.E.	
80	9.0E-06	12	2.3E-07	A
120	9.1E-06	12	2.3E-07	A
60	9.3E-06	12	2.3E-07	A
100	9.5E-06	12	2.3E-07	A
40	9.6E-06	12	2.3E-07	A
0	9.9E-06	12	2.3E-07	A
20	1.0E-05	12	2.3E-07	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.0$)

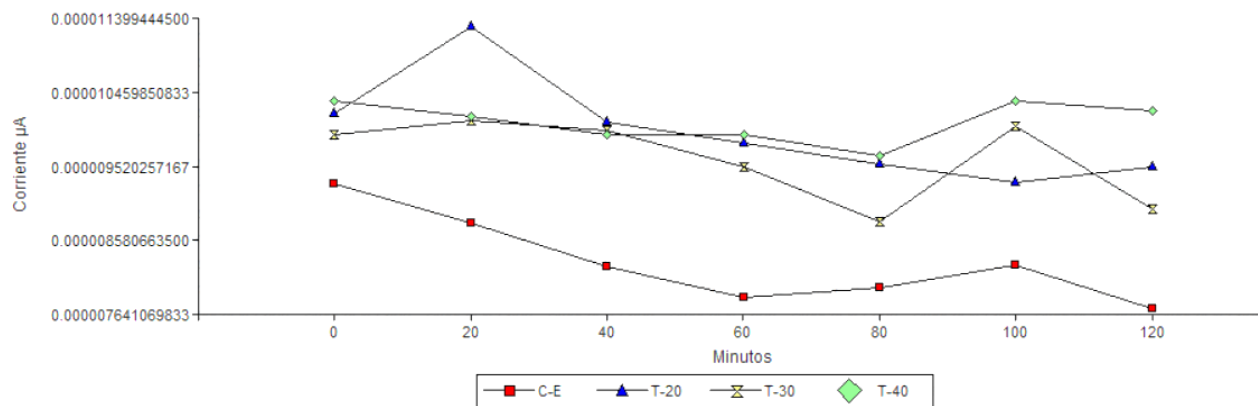
Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000Error: 0.0000 df: 54

Grupo	Minutos	Means	n	S.E.		
C-E	120	7.7E-06	3	4.6E-07	A	
C-E	60	7.9E-06	3	4.6E-07	A	B
C-E	80	8.0E-06	3	4.6E-07	A	B
C-E	40	8.2E-06	3	4.6E-07	A	B
C-E	100	8.3E-06	3	4.6E-07	A	B
C-E	20	8.8E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-30	80	8.8E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-30	120	9.0E-06	3	4.6E-07	A	B C
C-E	0	9.3E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-20	100	9.3E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-20	120	9.5E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-30	60	9.5E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-20	80	9.6E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-40	80	9.7E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-20	60	9.8E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-30	0	9.9E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-40	40	9.9E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-40	60	9.9E-06	3	4.6E-07	A	B C
T-30	40	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-30	100	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-20	40	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-30	20	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-40	20	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-20	0	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-40	120	1.0E-05	3	4.6E-07	A	B C
T-40	100	1.0E-05	3	4.6E-07		B C
T-40	0	1.0E-05	3	4.6E-07		B C
T-20	20	1.1E-05	3	4.6E-07		C

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *E. coli*.



Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *E.coli* durante dos horas

8.2.1.2 SALMONELLA TYPHI

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Corriente µA	84	0.73	0.58	14.87

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	2.6E-10	29	8.8E-12	5.01	<0.0001
Grupo	6.7E-11	3	2.2E-11	12.73	<0.0001
Minutos	2.7E-11	6	4.6E-12	2.60	0.0273
Bloque	0.00	2	0.00	0.15	0.8578
Grupo*Minutos	1.6E-10	18	8.9E-12	5.06	<0.0001
Error	9.5E-11	54	1.8E-12		
Total	3.5E-10	83			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

Grupo	Means	n	S.E.	
C-S	7.4E-06	21	2.9E-07	A
T-30	9.3E-06	21	2.9E-07	B
T-20	9.5E-06	21	2.9E-07	B
T-40	9.5E-06	21	2.9E-07	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

Bloque	Means	n	S.E.	
C	8.8E-06	28	2.5E-07	A
B	8.9E-06	28	2.5E-07	A
A	9.0E-06	28	2.5E-07	A

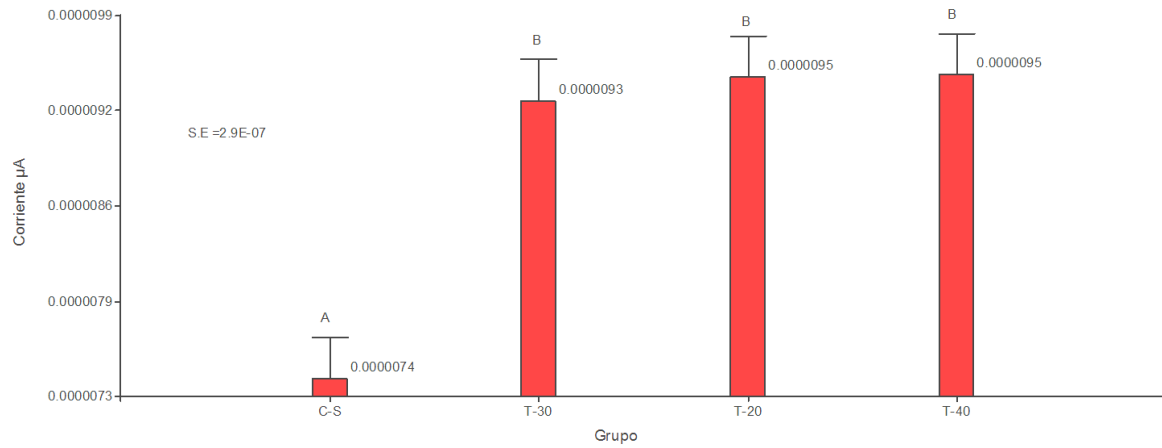
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

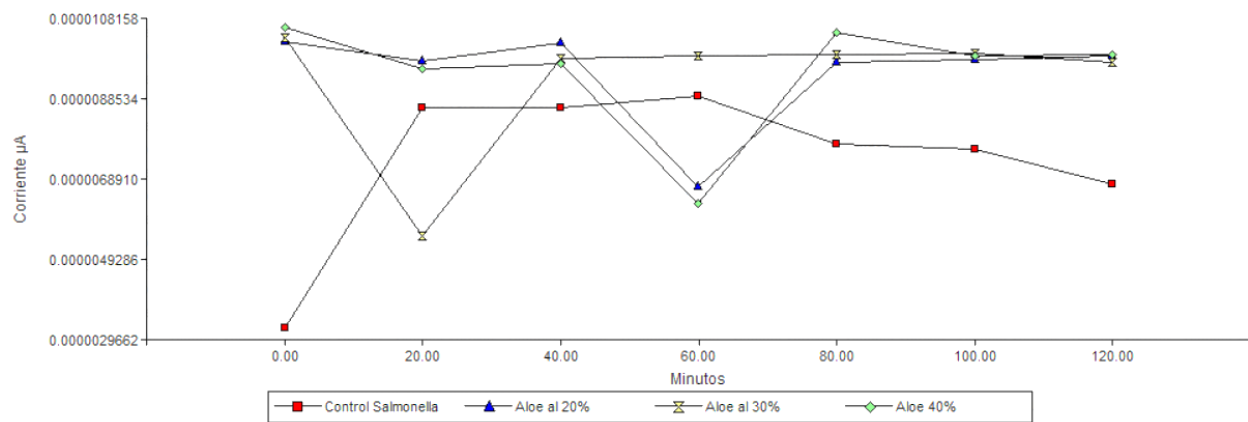
Error: 0.0000 df: 54

Grupo	Minutos	Means	n	S.E.				
C-S	0.00	3.3E-06	3	7.7E-07	A			
T-30	20.00	5.5E-06	3	7.7E-07	A	B		
T-40	60.00	6.3E-06	3	7.7E-07	A	B	C	
T-20	60.00	6.7E-06	3	7.7E-07	A	B	C	D
C-S	120.00	6.8E-06	3	7.7E-07	A	B	C	D
C-S	100.00	7.6E-06	3	7.7E-07		B	C	D
C-S	80.00	7.8E-06	3	7.7E-07		B	C	D
C-S	20.00	8.6E-06	3	7.7E-07		B	C	D
C-S	40.00	8.6E-06	3	7.7E-07		B	C	D
C-S	60.00	8.9E-06	3	7.7E-07		B	C	D
T-40	20.00	9.6E-06	3	7.7E-07		B	C	D
T-40	40.00	9.7E-06	3	7.7E-07		B	C	D
T-20	80.00	9.7E-06	3	7.7E-07			C	D
T-30	120.00	9.8E-06	3	7.7E-07			C	D
T-20	20.00	9.8E-06	3	7.7E-07			C	D
T-20	100.00	9.8E-06	3	7.7E-07			C	D
T-30	40.00	9.8E-06	3	7.7E-07			C	D
T-20	120.00	9.9E-06	3	7.7E-07			C	D
T-30	60.00	9.9E-06	3	7.7E-07			C	D
T-40	100.00	9.9E-06	3	7.7E-07			C	D
T-30	80.00	9.9E-06	3	7.7E-07			C	D
T-40	120.00	9.9E-06	3	7.7E-07			C	D
T-30	100.00	1.0E-05	3	7.7E-07			C	D
T-20	40.00	1.0E-05	3	7.7E-07			C	D
T-20	0.00	1.0E-05	3	7.7E-07			C	D
T-30	0.00	1.0E-05	3	7.7E-07			C	D
T-40	80.00	1.0E-05	3	7.7E-07			C	D
T-40	0.00	1.1E-05	3	7.7E-07				D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con Salmonella Typhi



Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con Salmonella Typhi durante dos horas.

8.2.1.3 ASPERGILLUS NIGER

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Corriente μ A	84	0.72	0.57	12.90

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1.9E-10	29	6.4E-12	4.83	<0.0001
Grupo	3.1E-11	3	1.0E-11	7.93	0.0002
Minutos	3.5E-11	6	5.8E-12	4.42	0.0010
Bloque	3.2E-12	2	1.6E-12	1.19	0.3113
Grupo*Minutos	1.2E-10	18	6.4E-12	4.85	<0.0001
Error	7.1E-11	54	1.3E-12		
Total	2.6E-10	83			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

Grupo	Means	n	S.E.	
C-A	8.0E-06	21	2.5E-07	A
T-30	9.0E-06	21	2.5E-07	B
T-20	9.0E-06	21	2.5E-07	B
T-40	9.7E-06	21	2.5E-07	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 54

Bloque	Means	n	S.E.	
B	8.7E-06	28	2.2E-07	A
C	8.9E-06	28	2.2E-07	A
A	9.1E-06	28	2.2E-07	A

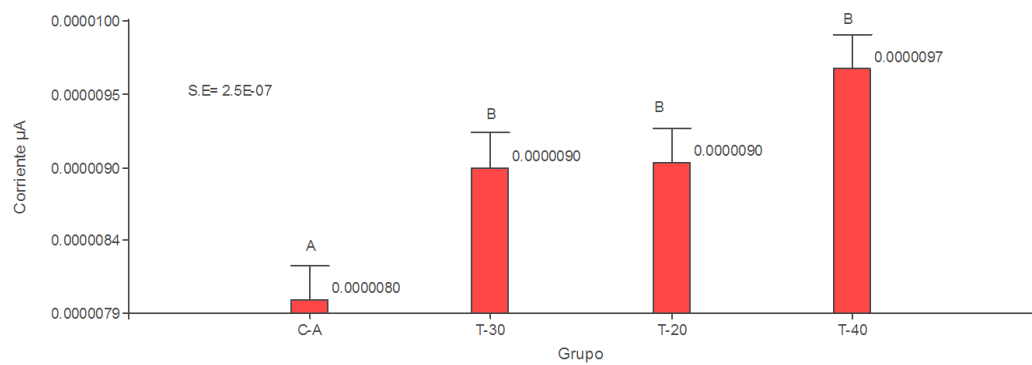
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

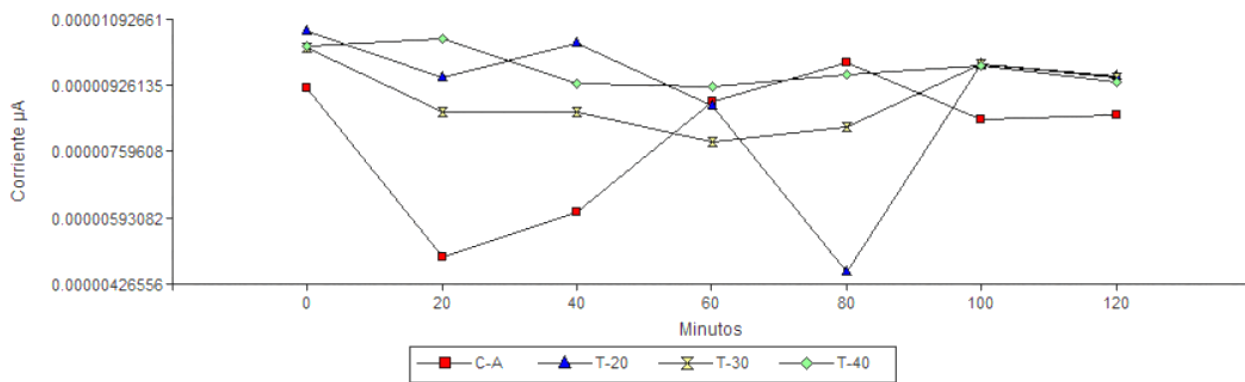
Error: 0.0000 df: 54

Grupo	Minutos	Means	n	S.E.				
T-20	80	4.6E-06	3	6.6E-07	A			
C-A	20	4.9E-06	3	6.6E-07	A	B		
C-A	40	6.1E-06	3	6.6E-07	A	B	C	
T-30	60	7.9E-06	3	6.6E-07	A	B	C	D
T-30	80	8.2E-06	3	6.6E-07	A	B	C	D
C-A	100	8.4E-06	3	6.6E-07		B	C	D
C-A	120	8.5E-06	3	6.6E-07		B	C	D
T-30	20	8.6E-06	3	6.6E-07		B	C	D
T-30	40	8.6E-06	3	6.6E-07		B	C	D
T-20	60	8.7E-06	3	6.6E-07			C	D
C-A	60	8.9E-06	3	6.6E-07			C	D
C-A	0	9.2E-06	3	6.6E-07			C	D
T-40	60	9.2E-06	3	6.6E-07			C	D
T-40	40	9.3E-06	3	6.6E-07			C	D
T-40	120	9.3E-06	3	6.6E-07			C	D
T-30	120	9.5E-06	3	6.6E-07			C	D
T-20	20	9.5E-06	3	6.6E-07			C	D
T-20	120	9.5E-06	3	6.6E-07			C	D
T-40	80	9.5E-06	3	6.6E-07			C	D
T-40	100	9.8E-06	3	6.6E-07			C	D
T-20	100	9.8E-06	3	6.6E-07				D
T-30	100	9.8E-06	3	6.6E-07				D
C-A	80	9.8E-06	3	6.6E-07				D
T-30	0	1.0E-05	3	6.6E-07				D
T-40	0	1.0E-05	3	6.6E-07				D
T-20	40	1.0E-05	3	6.6E-07				D
T-40	20	1.0E-05	3	6.6E-07				D
T-20	0	1.1E-05	3	6.6E-07				D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de corriente en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *Aspergillus niger*.



Respuesta corriente en función del tiempo en soluciones con y sin Aloe Vera inoculadas con *Aspergillus niger* durante dos horas.

8.2.2 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PRUEBAS FISICO-QUIMICAS

8.2.2.1 COLOR: LUMINOSIDAD EN CANTALUPOS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Luminosidad	48	0.59	0.36	4.05

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	258.57	17	15.21	2.53	0.0127
Grupo	55.11	1	55.11	9.17	0.0050
Bloque	4.17	2	2.09	0.35	0.7093
Días	163.52	7	23.36	3.89	0.0040
Grupo*Días	35.76	7	5.11	0.85	0.5557
Error	180.25	30	6.01		
Total	438.81	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.44511

Error: 6.0083 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.	
Control	59.52	24	0.50	A
Tratamiento	61.66	24	0.50	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=2.13647

Error: 6.0083 df: 30

Bloque	Means	n	S.E.	
C	60.21	16	0.61	A
B	60.64	16	0.61	A
A	60.93	16	0.61	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=4.60460

Error: 6.0083 df: 30

Días	Means	n	S.E.		
21	57.48	6	1.00	A	
3	58.67	6	1.00	A	
15	59.15	6	1.00	A	B
18	61.10	6	1.00	A	B
6	61.27	6	1.00	A	B
9	61.59	6	1.00	A	B
12	62.08	6	1.00	A	B
0	63.39	6	1.00		B

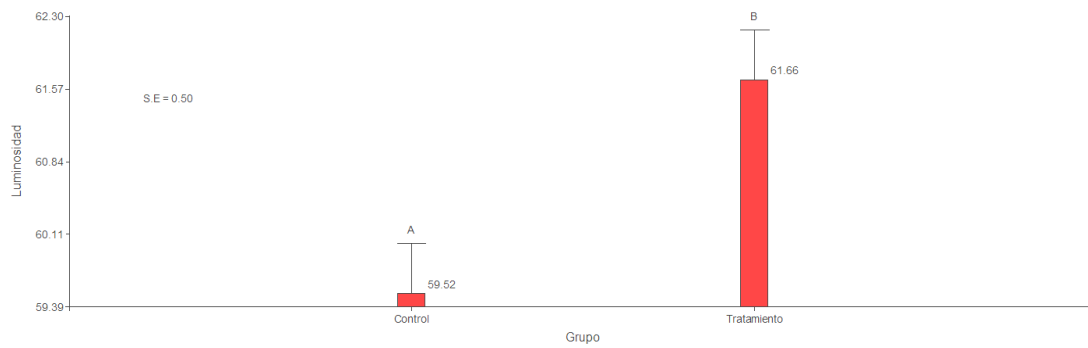
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=7.45984

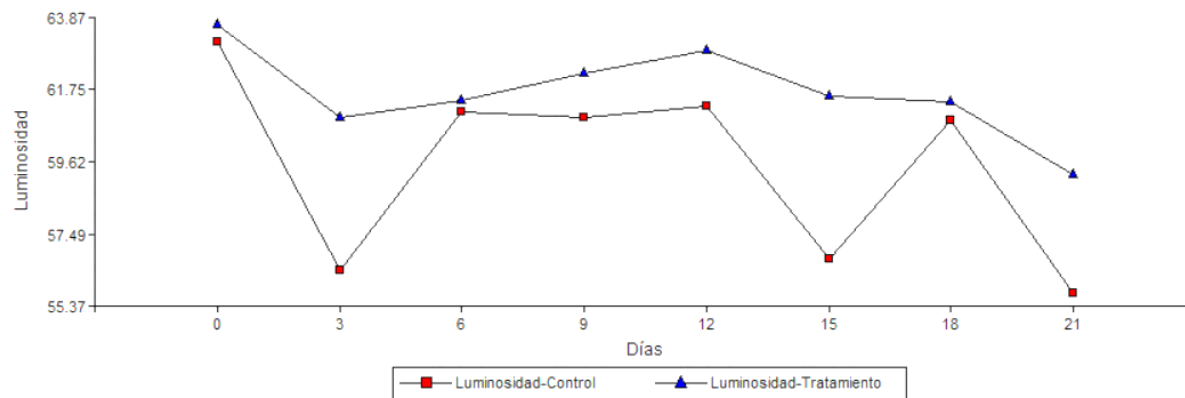
Error: 6.0083 df: 30

Grupo	Días	Means	n	S.E.		
Control	21	55.74	3	1.42	A	
Control	3	56.42	3	1.42	A	B
Control	15	56.74	3	1.42	A	B
Tratamiento	21	59.22	3	1.42	A	B
Control	18	60.83	3	1.42	A	B
Tratamiento	3	60.91	3	1.42	A	B
Control	9	60.93	3	1.42	A	B
Control	6	61.10	3	1.42	A	B
Control	12	61.25	3	1.42	A	B
Tratamiento	18	61.37	3	1.42	A	B
Tratamiento	6	61.44	3	1.42	A	B
Tratamiento	15	61.55	3	1.42	A	B
Tratamiento	9	62.24	3	1.42	A	B
Tratamiento	12	62.92	3	1.42	A	B
Control	0	63.14	3	1.42	A	B
Tratamiento	0	63.65	3	1.42		B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de luminosidad en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.



Luminosidad en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante el periodo de almacenamiento.

8.2.2.2 COLOR: CROMATICIDAD EN CANTALUPOS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
C*	48	0.78	0.65	4.93

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	510.77	17	30.05	6.24	<0.0001
Grupo	57.80	1	57.80	12.00	0.0016
Días	368.25	7	52.61	10.92	<0.0001
Bloque	5.88	2	2.94	0.61	0.5500
Grupo*Días	78.84	7	11.26	2.34	0.0497
Error	144.53	30	4.82		
Total	655.31	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.29404

Error: 4.8178 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.	
Control	43.39	24	0.45	A
Tratamiento	45.58	24	0.45	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=4.12325

Error: 4.8178 df: 30

Días	Means	n	S.E.				
21	40.83	6	0.90	A			
18	41.06	6	0.90	A			
15	42.32	6	0.90	A	B		
3	43.75	6	0.90	A	B	C	
12	45.42	6	0.90		B	C	D
9	46.31	6	0.90		B	C	D
6	47.53	6	0.90			C	D
0	48.67	6	0.90				D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.91313

Error: 4.8178 df: 30

Bloque	Means	n	S.E.	
A	43.99	16	0.55	A
C	44.73	16	0.55	A
B	44.73	16	0.55	A

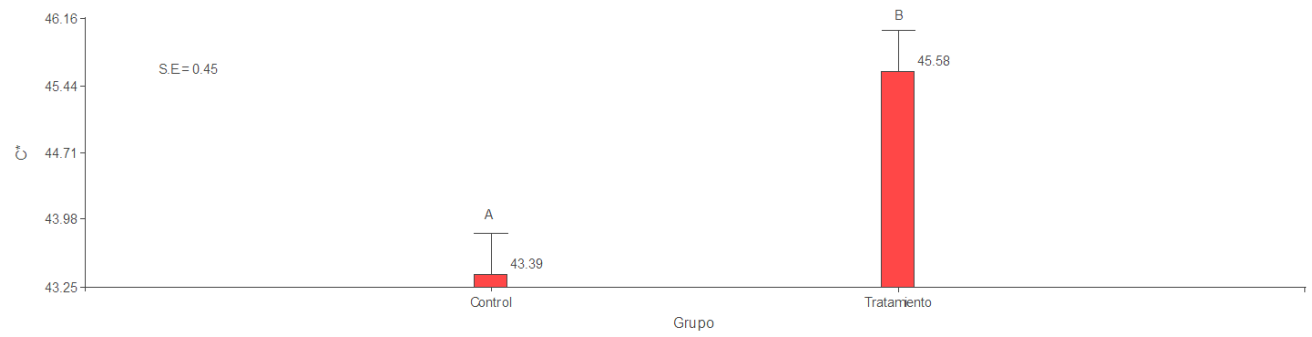
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=6.68002

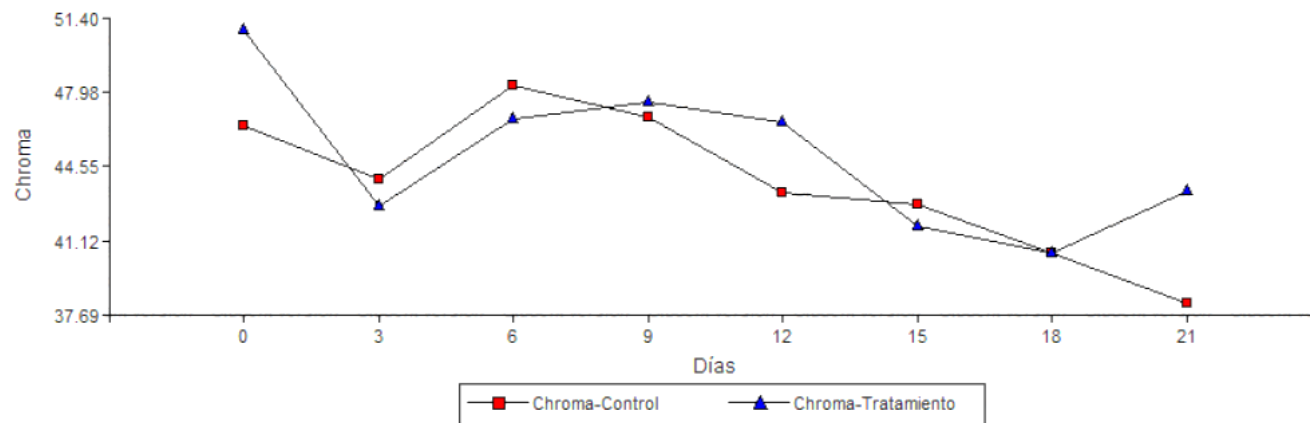
Error: 4.8178 df: 30

Grupo	Días	Means	n	S.E.				
Control	21	38.20	3	1.27	A			
Control	18	38.98	3	1.27	A	B		
Tratamiento	15	41.82	3	1.27	A	B	C	
Control	15	42.82	3	1.27	A	B	C	
Tratamiento	18	43.13	3	1.27	A	B	C	
Control	12	43.35	3	1.27	A	B	C	
Tratamiento	21	43.46	3	1.27	A	B	C	
Tratamiento	3	43.55	3	1.27	A	B	C	
Control	3	43.94	3	1.27	A	B	C	
Control	9	45.08	3	1.27		B	C	D
Control	0	46.45	3	1.27			C	D
Tratamiento	6	46.78	3	1.27			C	D
Tratamiento	12	47.49	3	1.27			C	D
Tratamiento	9	47.53	3	1.27			C	D
Control	6	48.28	3	1.27			C	D
Tratamiento	0	50.89	3	1.27				D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de saturación en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera



Cromaticidad de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento

8.2.2.3 COLOR: ÁNGULO DE HUE EN CANTALUPOS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Hue	48	0.62	0.41	0.01

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	2.2E-06	17	1.3E-07	2.90	0.0052
Grupo	3.2E-07	1	3.2E-07	7.34	0.0111
Minutos	1.4E-06	7	2.0E-07	4.47	0.0017
Bloque	7.4E-08	2	3.7E-08	0.84	0.4419
Grupo*Minutos	4.0E-07	7	5.7E-08	1.30	0.2864
Error	1.3E-06	30	4.4E-08		
Total	3.5E-06	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00012

Error: 0.0000 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.	
Control	1.57	24	4.3E-05	A
Tratamiento	1.57	24	4.3E-05	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00039

Error: 0.0000 df: 30

Minutos	Means	n	S.E.			
21	1.57	6	8.6E-05	A		
15	1.57	6	8.6E-05	A	B	
18	1.57	6	8.6E-05	A	B	
3	1.57	6	8.6E-05	A	B	C
12	1.57	6	8.6E-05	A	B	C
9	1.57	6	8.6E-05	A	B	C
6	1.57	6	8.6E-05		B	C
0	1.57	6	8.6E-05			C

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00018

Error: 0.0000 df: 30

Bloque	Means	n	S.E.	
C	1.57	16	5.2E-05	A
A	1.57	16	5.2E-05	A
B	1.57	16	5.2E-05	A

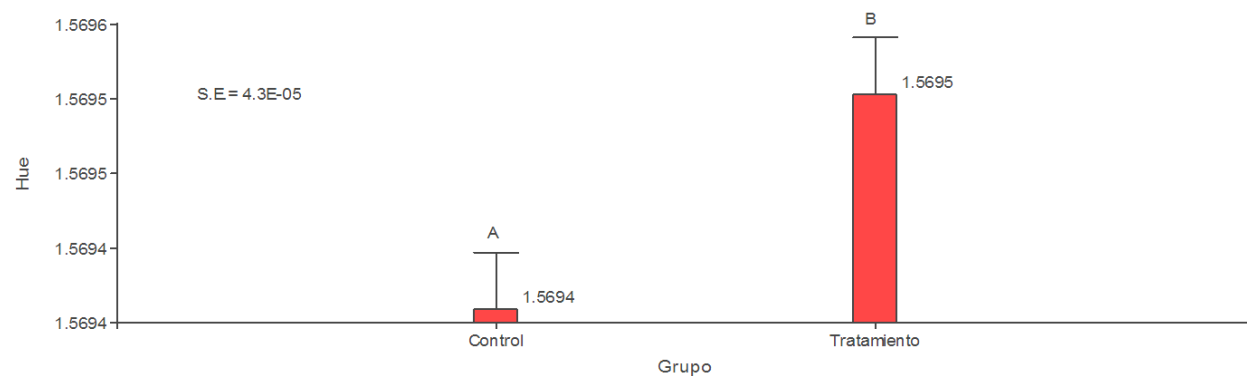
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.00064

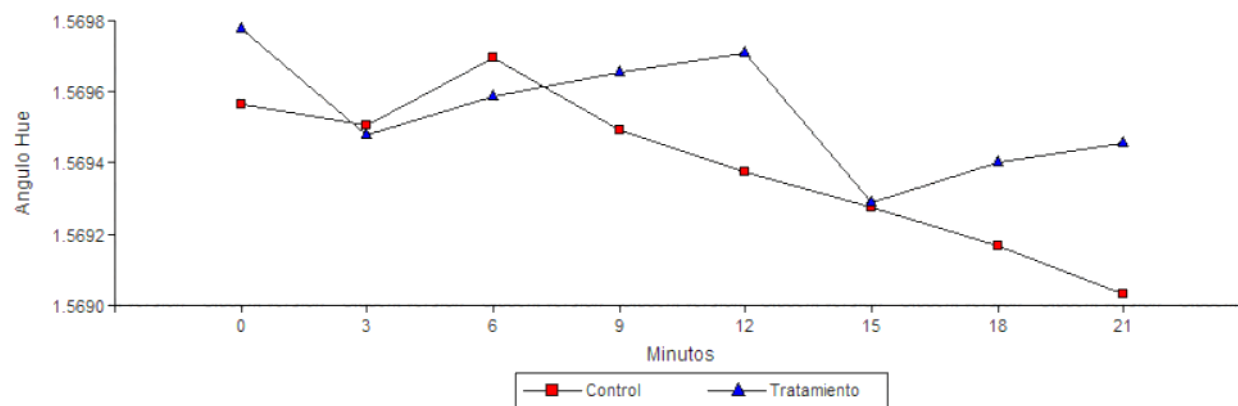
Error: 0.0000 df: 30

Grupo	Minutos	Means	n	S.E.			
Control	21	1.57	3	1.2E-04	A		
Control	18	1.57	3	1.2E-04	A	B	
Control	15	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Tratamiento	15	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Control	12	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Tratamiento	18	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Tratamiento	21	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Tratamiento	3	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Control	9	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Control	3	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Control	0	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Tratamiento	6	1.57	3	1.2E-04	A	B	C
Tratamiento	9	1.57	3	1.2E-04		B	C
Control	6	1.57	3	1.2E-04		B	C
Tratamiento	12	1.57	3	1.2E-04		B	C
Tratamiento	0	1.57	3	1.2E-04			C

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de Angulo de hue en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera



Tono de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento

8.2.2.4 PÉRDIDA DE PESO EN CANTALUPOS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
%pérdida de peso	48	0.92	0.87	33.14

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	366.98	17	21.59	19.30	<0.0001
Grupo	72.40	1	72.40	64.74	<0.0001
Días	215.79	7	30.83	27.56	<0.0001
Bloque	53.09	2	26.54	23.74	<0.0001
Grupo*Días	25.69	7	3.67	3.28	0.0104
Error	33.55	30	1.12		
Total	400.53	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.62347

Error: 1.1184 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.
Tratamiento	1.96	24	0.22 A
Control	4.42	24	0.22 B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.98658

Error: 1.1184 df: 30

Días	Means	n	S.E.
0	0.00	6	0.43 A
6	1.37	6	0.43 A B
3	1.37	6	0.43 A B
9	2.81	6	0.43 B C
12	3.52	6	0.43 C D
15	4.25	6	0.43 C D
18	5.50	6	0.43 D E
21	6.72	6	0.43 E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.92174

Error: 1.1184 df: 30

Bloque	Means	n	S.E.
A	2.42	16	0.26 A
B	2.47	16	0.26 A
C	4.68	16	0.26 B

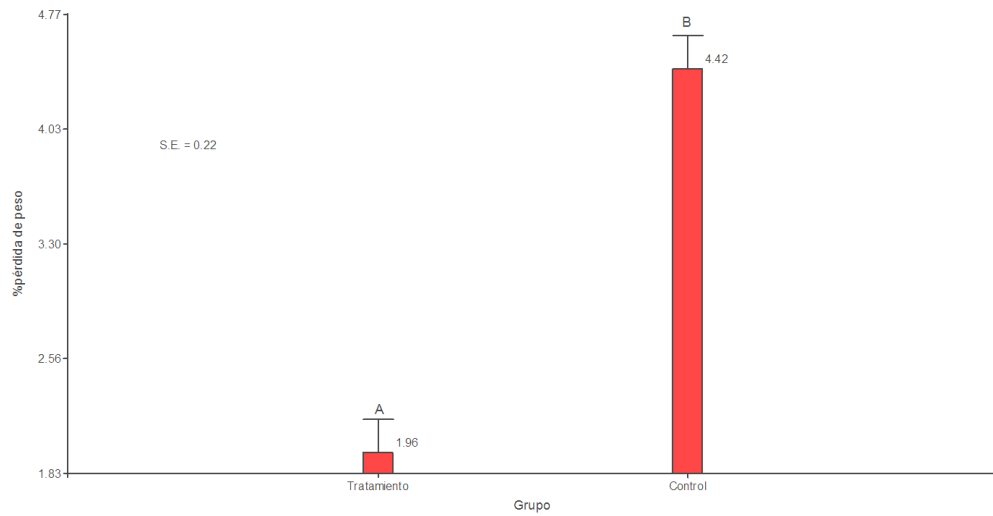
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=3.21843

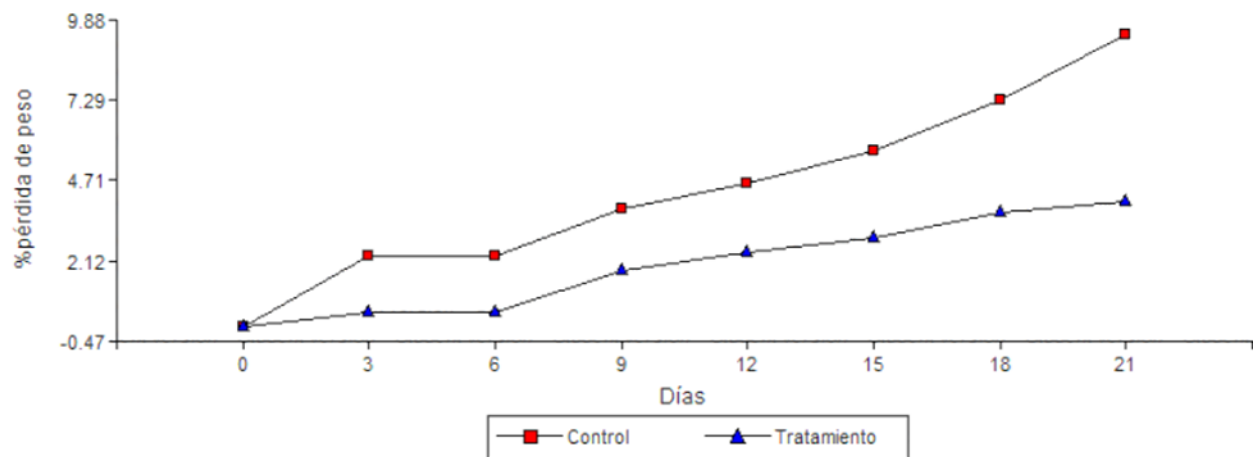
Error: 1.1184 df: 30

Grupo	Días	Means	n	S.E.					
Control	0	0.00	3	0.61	A				
Tratamiento	0	0.00	3	0.61	A				
Tratamiento	3	0.45	3	0.61	A				
Tratamiento	6	0.45	3	0.61	A				
Tratamiento	9	1.84	3	0.61	A	B			
Control	3	2.28	3	0.61	A	B			
Control	6	2.28	3	0.61	A	B			
Tratamiento	12	2.40	3	0.61	A	B			
Tratamiento	15	2.83	3	0.61	A	B	C		
Tratamiento	18	3.70	3	0.61		B	C		
Control	9	3.79	3	0.61		B	C		
Tratamiento	21	4.02	3	0.61		B	C		
Control	12	4.64	3	0.61		B	C	D	
Control	15	5.66	3	0.61			C	D	
Control	18	7.30	3	0.61				D	E
Control	21	9.41	3	0.61					E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de pérdida de peso en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera



Porcentaje de pérdida de peso de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera a través del periodo de almacenamiento

8.2.2.5 TEXTURA EN CANTALUPOS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
mm	48	0.63	0.43	19.78

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	62.20	17	3.66	3.06	0.0036
Grupo	25.52	1	25.52	21.36	0.0001
Días	20.66	7	2.95	2.47	0.0397
Bloque	4.78	2	2.39	2.00	0.1531
Grupo*Días	11.24	7	1.61	1.34	0.2649
Error	35.85	30	1.19		
Total	98.04	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.64443

Error: 1.1948 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.
Tratamiento	4.80	24	0.22 A
Control	6.26	24	0.22 B

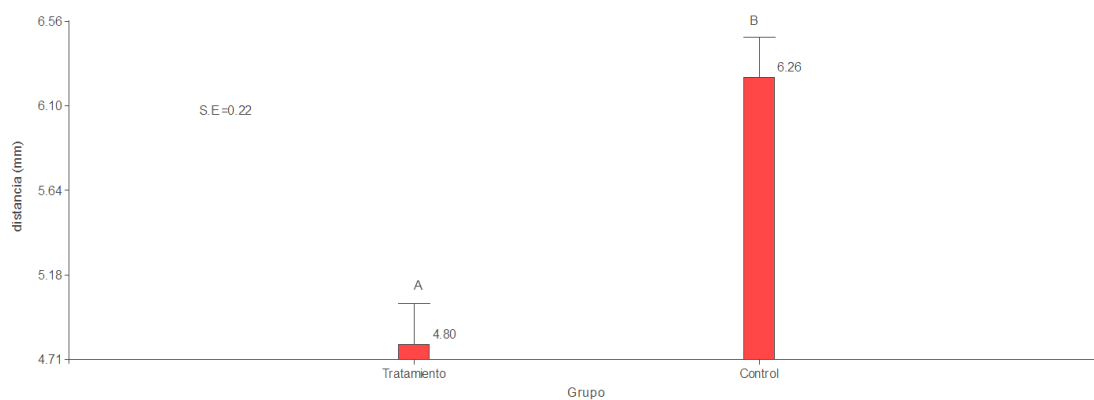
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=3.32666

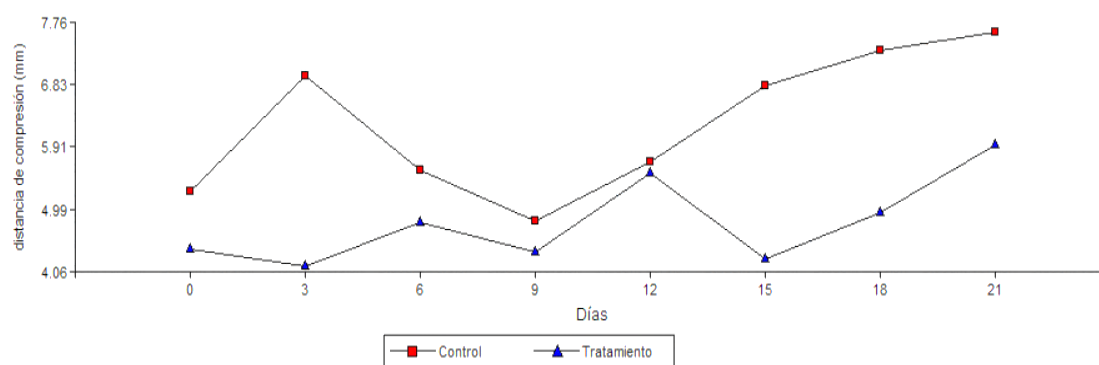
Error: 1.1948 df: 30

Grupo	Días	Means	n	S.E.
Tratamiento	3	4.15	3	0.63 A
Tratamiento	15	4.26	3	0.63 A
Tratamiento	9	4.36	3	0.63 A B
Tratamiento	0	4.41	3	0.63 A B
Tratamiento	6	4.79	3	0.63 A B
Control	9	4.81	3	0.63 A B
Tratamiento	18	4.95	3	0.63 A B
Control	0	5.24	3	0.63 A B
Tratamiento	12	5.53	3	0.63 A B
Control	6	5.57	3	0.63 A B
Control	12	5.69	3	0.63 A B
Tratamiento	21	5.94	3	0.63 A B
Control	15	6.82	3	0.63 A B
Control	3	6.96	3	0.63 A B
Control	18	7.33	3	0.63 A B
Control	21	7.62	3	0.63 B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de firmeza en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.



Firmeza de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera a través del periodo almacenamiento

8.2.2.4 PH EN CANTALUPOS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
pH	48	0.71	0.54	10.19

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	28.04	17	1.65	4.27	0.0003
Grupo	1.16	1	1.16	3.01	0.0929
Bloque	0.22	2	0.11	0.28	0.7587
Días	20.63	7	2.95	7.62	<0.0001
Grupo*Días	6.03	7	0.86	2.23	0.0600
Error	11.60	30	0.39		
Total	39.64	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.36656

Error: 0.3866 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.	
Tratamiento	5.95	24	0.13	A
Control	6.26	24	0.13	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.54193

Error: 0.3866 df: 30

Bloque	Means	n	S.E.	
B	6.01	16	0.16	A
A	6.14	16	0.16	A
C	6.16	16	0.16	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.16800

Error: 0.3866 df: 30

Días	Means	n	S.E.			
18.00	5.26	6	0.25	A		
21.00	5.35	6	0.25	A	B	
15.00	5.37	6	0.25	A	B	
12.00	6.01	6	0.25	A	B	C
9.00	6.50	6	0.25		B	C
6.00	6.56	6	0.25			C
3.00	6.80	6	0.25			C
0.00	6.97	6	0.25			C

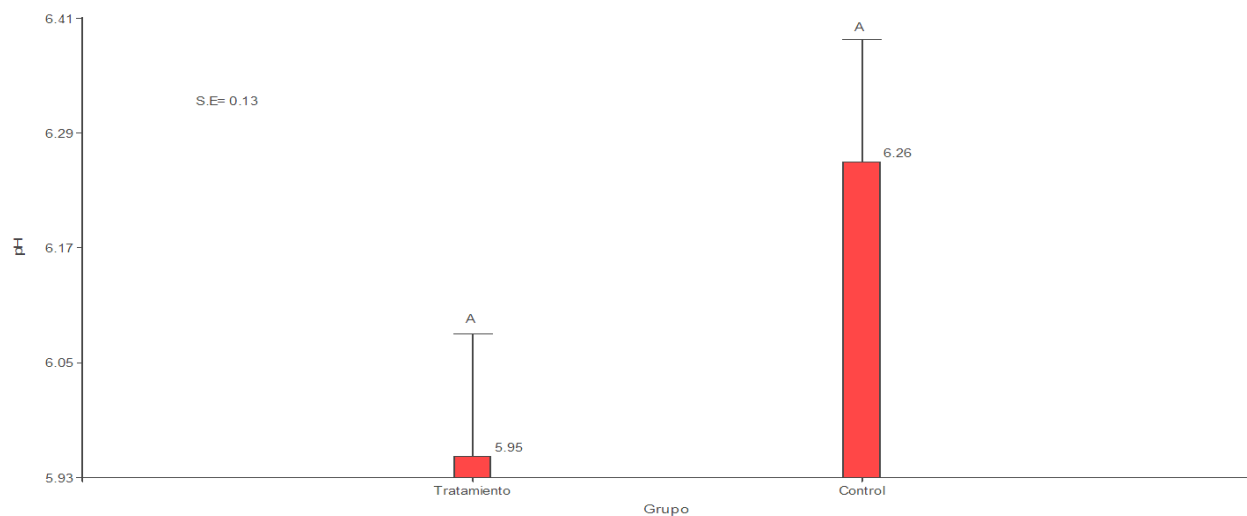
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.89226

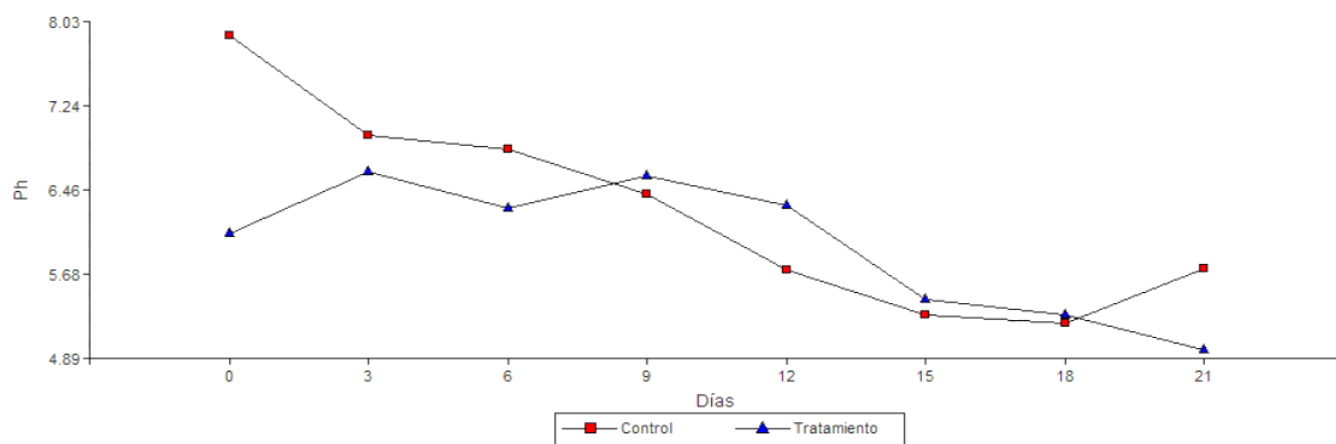
Error: 0.3866 df: 30

Grupo	Días	Means	n	S.E.			
Tratamiento	21.00	4.98	3	0.36	A		
Control	18.00	5.22	3	0.36	A	B	
Control	15.00	5.30	3	0.36	A	B	
Tratamiento	18.00	5.30	3	0.36	A	B	
Tratamiento	15.00	5.45	3	0.36	A	B	
Control	12.00	5.71	3	0.36	A	B	
Control	21.00	5.73	3	0.36	A	B	
Tratamiento	0.00	6.05	3	0.36	A	B	C
Tratamiento	6.00	6.29	3	0.36	A	B	C
Tratamiento	12.00	6.31	3	0.36	A	B	C
Control	9.00	6.42	3	0.36	A	B	C
Tratamiento	9.00	6.59	3	0.36	A	B	C
Tratamiento	3.00	6.63	3	0.36	A	B	C
Control	6.00	6.84	3	0.36	A	B	C
Control	3.00	6.98	3	0.36		B	C
Control	0.00	7.89	3	0.36			C

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias ente las medias de pH de los cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante almacenamiento.



pH de cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento

8.2.3 ANOVA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN CANTALUPOS

8.2.3.1 AEROBIOS TOTALES

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
log	48	0.99	0.98	5.35

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	213.83	17	12.58	123.23	<0.0001
Grupo	3.26	1	3.26	31.95	<0.0001
Días	204.40	7	29.20	286.07	<0.0001
Bloque	0.02	2	0.01	0.11	0.8956
Grupo*Días	6.15	7	0.88	8.60	<0.0001
Error	3.06	30	0.10		
Total	216.89	47			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.18836

Error: 0.1021 df: 30

Grupo	Means	n	S.E.
Tratamiento	5.71	24	0.07 A
Control	6.23	24	0.07 B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.60017

Error: 0.1021 df: 30

Días	Means	n	S.E.	
3	2.92	6	0.13	A
0	3.20	6	0.13	A
6	4.31	6	0.13	B
9	6.17	6	0.13	C
12	7.18	6	0.13	D
15	7.62	6	0.13	D E
18	7.79	6	0.13	E
21	8.58	6	0.13	F

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.27847

Error: 0.1021 df: 30

Bloque	Means	n	S.E.
B	5.94	16	0.08 A
A	5.98	16	0.08 A
C	5.99	16	0.08 A

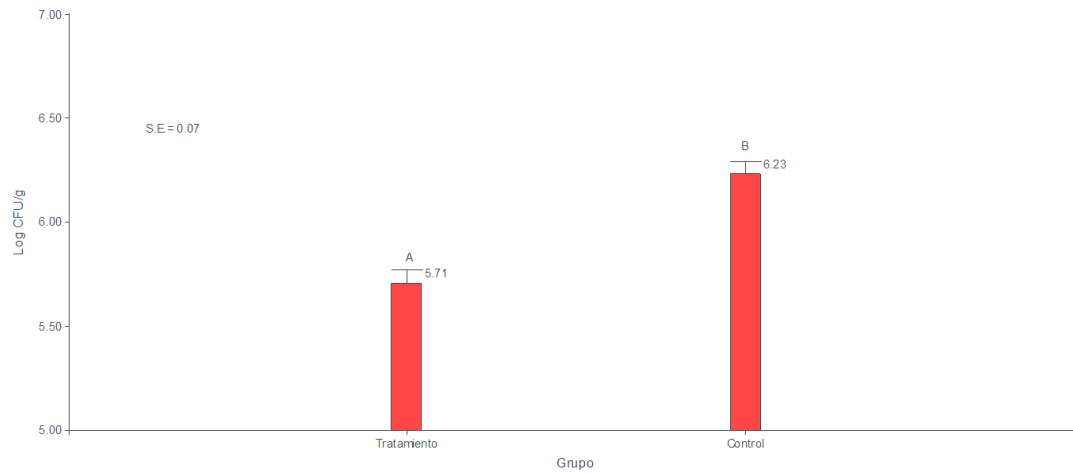
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.97232

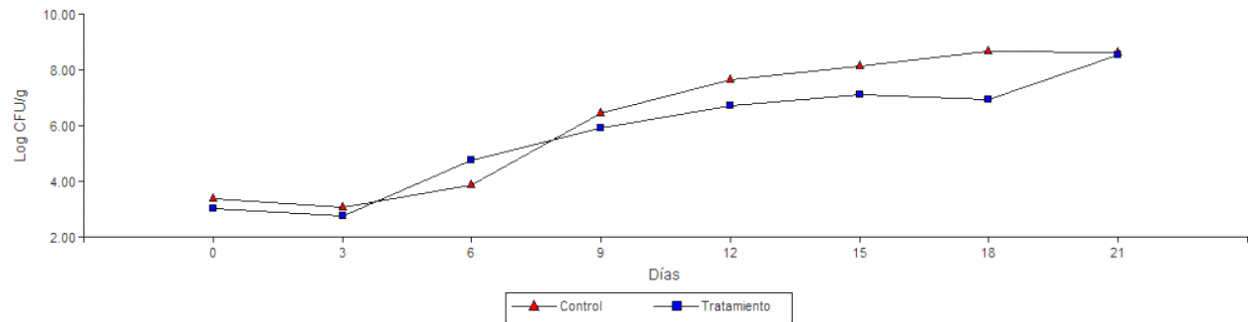
Error: 0.1021 df: 30

Grupo	Días	Means	n	S.E.										
Tratamiento	3	2.75	3	0.18	A									
Tratamiento	0	3.03	3	0.18	A	B								
Control	3	3.09	3	0.18	A	B								
Control	0	3.38	3	0.18	A	B								
Control	6	3.87	3	0.18		B	C							
Tratamiento	6	4.75	3	0.18			C							
Tratamiento	9	5.91	3	0.18				D						
Control	9	6.44	3	0.18				D	E					
Tratamiento	12	6.70	3	0.18				D	E	F				
Tratamiento	18	6.92	3	0.18					E	F				
Tratamiento	15	7.10	3	0.18					E	F				
Control	12	7.65	3	0.18						F	G			
Control	15	8.13	3	0.18							G	H		
Tratamiento	21	8.52	3	0.18							G	H		
Control	21	8.64	3	0.18								H		
Control	18	8.65	3	0.18									H	

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entras las medias de crecimiento de aerobios totales en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.



Crecimiento de aerobios totales en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante periodo de almacenamiento.

8.2.3.2 MOHOS Y LEVADURAS

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
log	47	0.89	0.83	37.59

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	416.33	17	24.49	14.25	<0.0001
Grupo	6.52	1	6.52	3.79	0.0613
Días	396.58	7	56.65	32.97	<0.0001
Bloque	2.99	2	1.50	0.87	0.4291
Grupo*Días	10.24	7	1.46	0.85	0.5555
Error	49.84	29	1.72		
Total	466.16	46			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.78235

Error: 1.7185 df: 29

Grupo	Means	n	S.E.	
Tratamiento	3.12	24	0.27	A
Control	4.11	23	0.28	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=2.49931

Error: 1.7185 df: 29

Días	Means	n	S.E.			
3	0.00	6	0.54	A		
0	0.00	6	0.54	A		
6	0.47	6	0.54	A		
9	3.18	6	0.54		B	
12	4.56	6	0.54		B	C
15	6.29	6	0.54			C D
18	6.54	6	0.54			C D
21	7.91	5	0.60			D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.15729

Error: 1.7185 df: 29

Bloque	Means	n	S.E.	
A	3.40	16	0.33	A
B	3.43	16	0.33	A
C	4.03	15	0.34	A

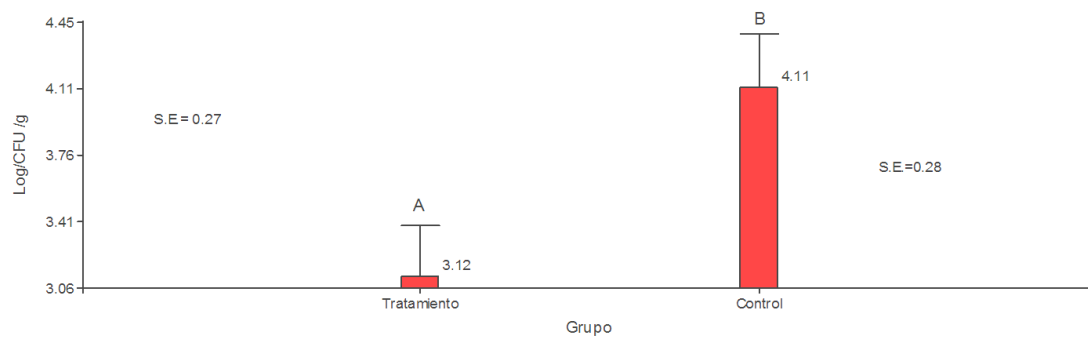
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=4.06307

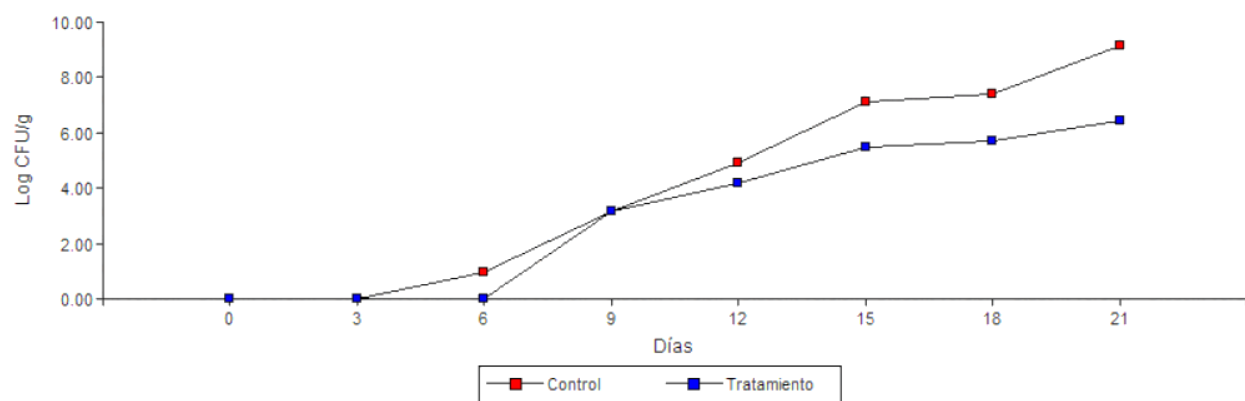
Error: 1.7185 df: 29

Grupo	Días	Means	n	S.E.					
Control	0	0.00	3	0.76	A				
Tratamiento	6	0.00	3	0.76	A				
Tratamiento	3	0.00	3	0.76	A				
Tratamiento	0	0.00	3	0.76	A				
Control	3	0.00	3	0.76	A				
Control	6	0.94	3	0.76	A	B			
Tratamiento	9	3.17	3	0.76	A	B	C		
Control	9	3.18	3	0.76	A	B	C		
Tratamiento	12	4.20	3	0.76		B	C	D	
Control	12	4.92	3	0.76		B	C	D	
Tratamiento	15	5.46	3	0.76			C	D	E
Tratamiento	18	5.70	3	0.76			C	D	E
Tratamiento	21	6.46	3	0.76			C	D	E
Control	15	7.12	3	0.76			C	D	E
Control	18	7.38	3	0.76				D	E
Control	21	9.37	2	0.94					E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias ente las medias de crecimiento de mohos y levaduras en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.



Crecimiento de mohos y levaduras en cantalupos trozados con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 21 días de almacenamiento.

8.2.4 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA INOCULACIÓN DE CANTALUPOS

8.2.4.1 E. COLI

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Log CFU/g	24	0.96	0.94	6.51

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	65.15	9	7.24	40.79	<0.0001
Grupo	6.31	1	6.31	35.58	<0.0001
Bloque	0.10	2	0.05	0.28	0.7594
Días	58.38	3	19.46	109.66	<0.0001
Grupo*Días	0.36	3	0.12	0.67	0.5858
Error	2.48	14	0.18		
Total	67.64	23			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.36887

Error: 0.1775 df: 14

Grupo	Means	n	S.E.	
Tratamiento	5.96	12	0.12	A
Control	6.98	12	0.12	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.55129

Error: 0.1775 df: 14

Bloque	Means	n	S.E.	
A	6.39	8	0.15	A
C	6.46	8	0.15	A
B	6.55	8	0.15	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.70694

Error: 0.1775 df: 14

Días	Means	n	S.E.	
0	4.99	6	0.17	A
3	5.40	6	0.17	A
6	6.48	6	0.17	B
9	9.00	6	0.17	C

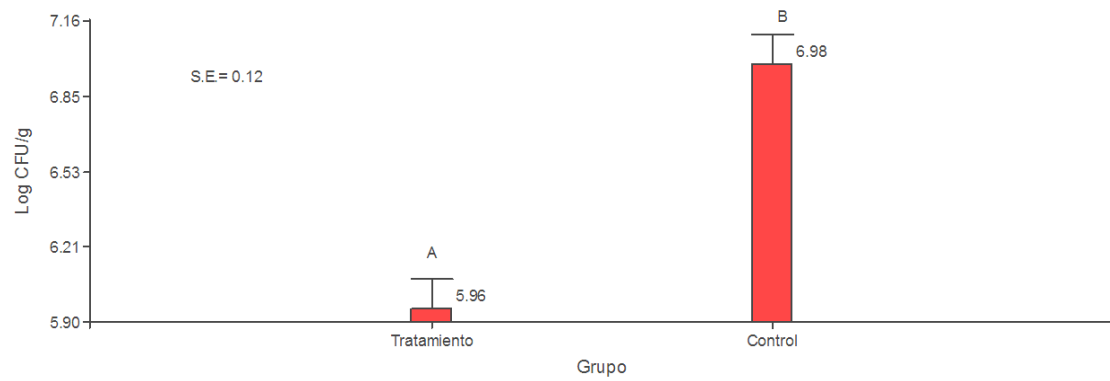
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1.21374

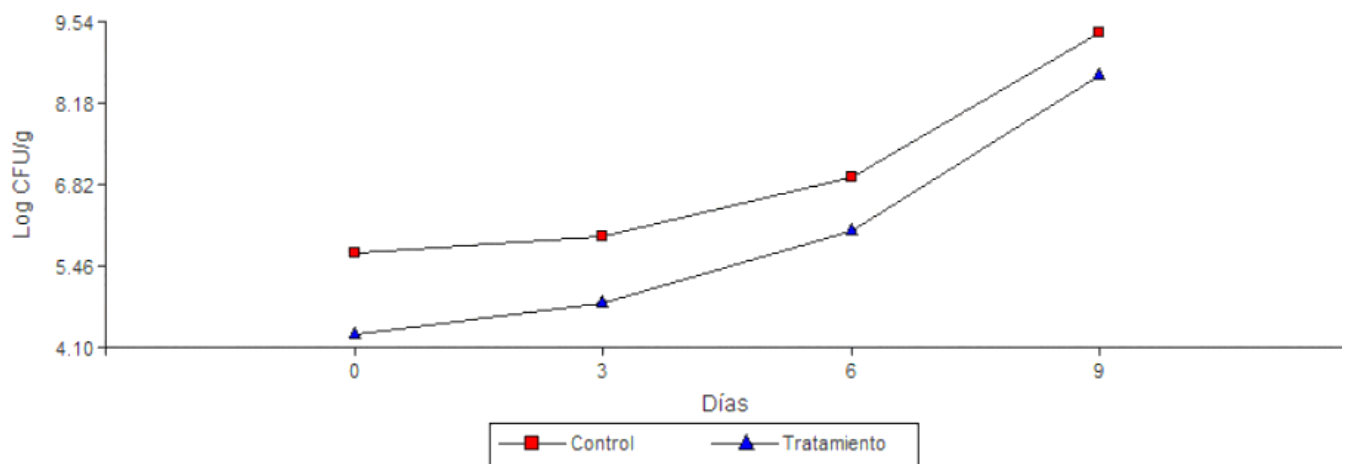
Error: 0.1775 df: 14

Grupo	Días	Means	n	S.E.			
Tratamiento	0	4.32	3	0.24	A		
Tratamiento	3	4.83	3	0.24	A	B	
Control	0	5.67	3	0.24		B	
Control	3	5.97	3	0.24		B	C
Tratamiento	6	6.03	3	0.24		B	C
Control	6	6.93	3	0.24			C
Tratamiento	9	8.64	3	0.24			D
Control	9	9.36	3	0.24			D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de *E.coli* en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera .



Crecimiento de *E. coli* en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 9 días de almacenamiento.

8.2.4.2 SALMONELLA TYPHI

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Log CFU/g	24	0.99	0.99	3.12

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	78.44	9	8.72	300.17	<0.0001
Grupo	28.96	1	28.96	997.51	<0.0001
Bloque	0.04	2	0.02	0.67	0.5258
Días	48.99	3	16.33	562.45	<0.0001
Grupo*Días	0.44	3	0.15	5.10	0.0136
Error	0.41	14	0.03		
Total	78.84	23			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.14920

Error: 0.0290 df: 14

Grupo	Means	n	S.E.	
Tratamiento	4.37	12	0.05	A
Control	6.57	12	0.05	B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.22299

Error: 0.0290 df: 14

Bloque	Means	n	S.E.	
C	5.41	8	0.06	A
A	5.49	8	0.06	A
B	5.50	8	0.06	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.28594

Error: 0.0290 df: 14

Días	Means	n	S.E.	
0	3.62	6	0.07	A
3	4.59	6	0.07	B
6	6.50	6	0.07	C
9	7.17	6	0.07	D

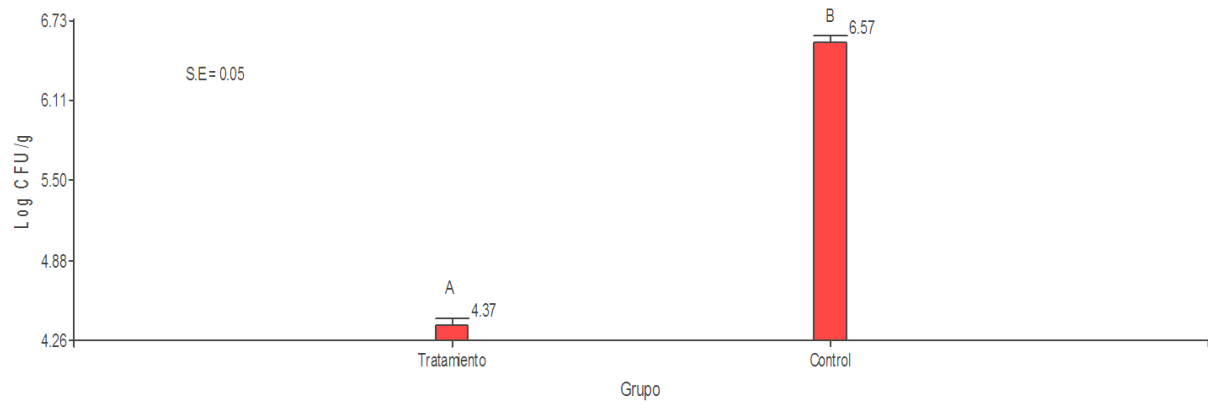
Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.49094

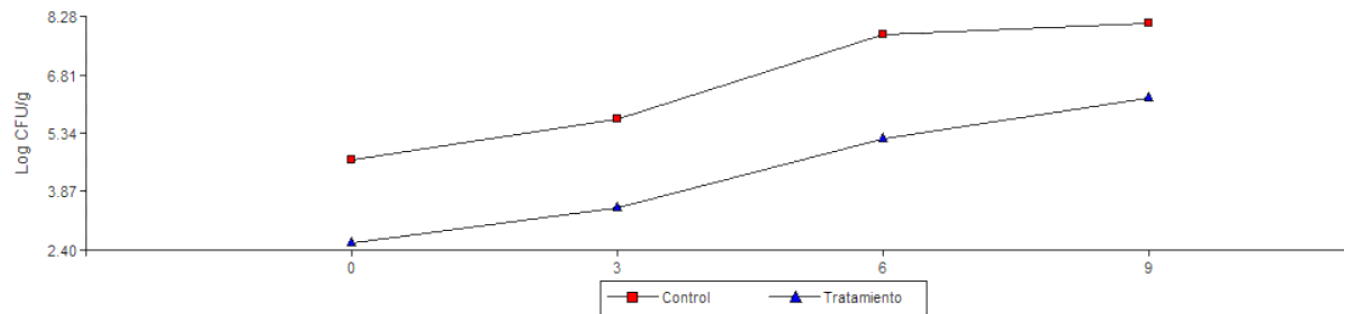
Error: 0.0290 df: 14

Grupo	Días	Means	n	S.E.	
Tratamiento	0	2.58	3	0.10	A
Tratamiento	3	3.48	3	0.10	B
Control	0	4.66	3	0.10	C
Tratamiento	6	5.19	3	0.10	D
Control	3	5.70	3	0.10	E
Tratamiento	9	6.24	3	0.10	F
Control	6	7.81	3	0.10	G
Control	9	8.11	3	0.10	G

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)



ANOVA- Diferencias entre las medias de crecimiento de Salmonella Typhi en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera.



Crecimiento de Salmonella Typhi en cantalupos listos para consumo con y sin tratamiento de Aloe Vera durante 9 días de almacenamiento

8.3 DOCUMENTOS DE EVALUACIÓN DE SENSORIAL

Universidad de Puerto Rico

Recinto Universitario de Mayagüez

Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Número de Panelista:

Fecha:

Producto: Cantalupo mínimamente procesado

Ingredientes: Cantaloupe, Sábila, Agua, Ácido cítrico

Instrucciones: Recibirá 1 muestra debidamente sellada y codificada. Escriba el código de la muestra e indique en la escala cuanto le gustó. Recuerde limpiar su paladar con galleta y agua al volver a catar la muestra.

Código de muestra _____

<i>Escala hedónica</i>	Marque con X
1. <i>Me disgusta extremadamente</i>	
2 <i>Me disgusta mucho</i>	
3. <i>Me disgusta moderadamente</i>	
4. <i>Me disgusta levemente</i>	
5. <i>No me gusta ni me disgusta</i>	
6. <i>Me gusta levemente</i>	
7. <i>Me gusta moderadamente</i>	
8. <i>Me gusta mucho</i>	
9. <i>Me gusta extremadamente</i>	

Comentarios: _____



Institutional Review Board
CPSHI/IRB 00002053
University of Puerto Rico – Mayagüez Campus
Dean of Academic Affairs
Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000



March 2, 2016

Ivette Roldan
CITA
RUM

Dear Ms. Roldan:

As a member of the Institutional Review Board of the University of Puerto Rico - Mayagüez Campus, I have considered the Review Application for your project titled Propiedades Antimicrobiales del Aloe Vera en Frutas Tropicales (Protocol num. 20160303). After an evaluation of your protocol, I have determined that your research can be considered exempt from 45.CFR.46.101 since it does not qualify as human subject research according to the definition employed by our office.

Remember that any modifications or amendments to the approved protocol or its methodology that alters this exemption must be reviewed and approved by the IRB before they are implemented.

Sincerely,

Dr. Rafael A. Boglio Martínez
President, Institutional Review Board (IRB)
University of Puerto Rico,
Mayagüez Campus
Office: Celis 108
Tel.: (787) 832-4040 Ext. 6277
Web Page: <http://www.uprm.edu/cpshi/>

Telephone: (787) 832 - 4040 x 6277, 3807, 3808 – Fax: (787) 831-2085 – Webpage: www.uprm.edu/cpshi
Email: cpshi@uprm.edu