



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Efecto conservador de la Solución
Electrolizada de Superoxidación (SES)
con pH neutro en alimentos listos para su
consumo: la fresa como modelo de
estudio.

TESIS

Que para obtener el título de:

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

Patricia Ventura Torres



Ciudad de México

2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Maria de Lourdes Gomez Rios

VOCAL: Gloria Diaz Ruiz

SECRETARIO: José Alberto Cano Buendía

1^{er} SUPLENTE: Bertha Julieta Sandoval Guillen

2^{do} SUPLENTE: Karla Mercedes Diaz Gutierrez

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Departamento de Microbiología e Inmunología. Laboratorio de Vacunología y Constatación en conjunto con el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. Laboratorio de Bromatología II, dependientes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM (Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510).

ASESOR DEL TEMA:

Dr. José Alberto Cano Buendía

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. en C. Juan Carlos Ramírez Orejel

SUSTENTANTE:

Patricia Ventura Torres

DEDICATORIAS

A mis padres Patricia Torres H., Lázaro Ventura M., mis hermanas Yvette Ventura T. y Aimeé Ventura T., por siempre darme todas las herramientas y su apoyo incondicional para cumplir todas mis metas personales y académicas, por escucharme y aconsejarme a lo largo de todos estos años. Los quiero mucho.

A Camila Olaya R. por tu amistad leal y sincera, por ser mi apoyo en todos los ámbitos de mi vida, por todas esas risas y llantos. Gracias por haber llegado a mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de México (UNAM), por la oportunidad de poder formarme como profesionista dentro de esta gran institución.

A mi asesor el Dr. José A. Cano Buendía por su confianza puesta sobre mi, sus enseñanzas, sus consejos, por motivarme y por enseñarme a siempre seguir adelante.

Al M. en C. Juan C. Ramírez Orejel por guiarme, por inspirarme, por su confianza puesta en mi y por ayudarme en una parte muy importante de este trabajo.

A Esteripharma® por brindar la solución electrolizada de superoxidación con la que se realizó el experimento y por abrirme sus puertas e instruirme en las técnicas de análisis fisicoquímicos de la SES

A mis compañeros Andrea Venegas, Sebastián Solís y Adriana Valdivia por ayudarme a recopilar datos y por todo su apoyo.

A Mercedes López por hacerme sentir bienvenida en el laboratorio de Bromatología II, por tu ayuda y servicio.

A Esperanza por hacerme sentir bienvenida en el laboratorio de Vacunología y Constatación, por tú ayuda con la limpieza de todo mi material.

Al Departamento de Microbiología e Inmunología. Laboratorio de Vacunología y Constatación, por recibirme con los brazos abiertos.

Al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. Laboratorio de Bromatología II, por acogerme y por todo el apoyo.

El presente trabajo fue presentado en el XXIV Congreso Internacional de Inocuidad de Alimentos 2022 edición online, que se llevo a cabo los días 3, 4 y 5 de noviembre del 2022 en modalidad cartel



XXIV Congreso Internacional
Inocuidad de Alimentos
XXXIX Reunión Nacional de Microbiología, Higiene y Toxicología de los Alimentos
Edición Online 3, 4 y 5 de noviembre 2022

 **La Universidad de Guadalajara a través del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías Otorga la presente** 

CONSTANCIA

A: Ventura Torres, P., Cano Buendía, J.A., Severiano Pérez, P. y Ramírez Orejel, J.C.

Por su participación como:
Autores del trabajo libre presentado en modalidad cartel
"Efecto conservador de la Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro en alimentos listos para su consumo: la fresa como modelo de estudio"


Dr. Marco Antonio Pérez Cisneros
Rector del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías


Dr. Humberto Gutiérrez Pulido
Secretario Académico del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías

Este trabajo fue presentado en la 8^o conferencia sobre innovación en nutrición y ciencia de los alimentos, que se llevo a cabo del 7 al 8 de septiembre del 2023 en Roma, Italia.

8th Conference on Innovations in
NUTRITION AND FOOD SCIENCE
Sep 07 - 08, 2023 at Rome, Italy

Evaluation of the microbiological quality, physicochemical characteristics and sensory profile of strawberries treated with Neutral Electrolyzed Water.

José A. Cano-Buendía[†], Patricia Ventura Torres[†], Juan C. Ramírez-Orejel[†], and Patricia Severiano-Pérez[‡].

[†] *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Ciudad Universitaria, 04510; Ciudad de México, México.*

[‡] *Facultad de Química; Depto. de Alimentos y Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Ciudad Universitaria, 04510; Ciudad de México, México.*

Strawberries are an excellent source of vitamin C, manganese, and potassium. They are rich in antioxidants and plant compounds like phenols which may have benefits for human health. Strawberries are a perishable fruit that could suffer tissue softening and physical damage caused by handling during harvesting and packaging, as well as being contaminated by pathogenic microorganisms. The storage temperature of the strawberry is 0 to 2 °C, which allows useful life periods of a maximum of 2 weeks; however, *Salmonella* spp can survive on the strawberry surface at different storage temperatures. Foodborne illnesses are linked to contaminated fruits consumption due with *Salmonella* spp and *Escherichia coli* O157:H7. That is why disinfection is important to ensure its safety and quality.

Sodium hypochlorite is the main used disinfectant because its low cost and high effectiveness, however, it is unstable, corrosive and, it is related to presence of carcinogenic compounds after reacting with organic matter.

Neutral Electrolyzed Water is a novel antimicrobial agent, it has been demonstrated bacterial reduction counts in fruits, it is safe for humans and environment. It has been shown to reduce *E. coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* counts in tomatoes, apples, lettuce, cucumber, pork, chicken, beef, egg, and fish. HClO is the major bactericidal component and attacks the outside and inside of bacteria, disrupts normal cell functions by affecting metabolic reactions, ATP production, inhibits glucose oxidation, disrupts protein synthesis, and inhibits oxidative phosphorylation and oxygen uptake.

In the present work, the effect of NEW in contaminated strawberries with *Salmonella* spp and *E. coli* was evaluated. Physicochemical and sensory characteristics were analyzed, and the obtained results showed that NEW decreases the bacterial load without altering the physicochemical properties of the food matrix. Our results support that NEW can be used in strawberry disinfection to keep safety although more studies are required.

Biography:

José A. Cano-Buendía is a Full-time professor at School of Veterinary and Zootechnics – UNAM. He holds a PhD in Biotechnology (UNAM) and he performed his postdoctoral at Arizona State University and he was a visiting professor at University of California – Davis. He is author of various research documents and book chapters. He has been working with electrolyzed water since 2016. He worked in pharmaceutical companies too in the development of treatments for cancer.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
HIPÓTESIS.....	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS PARTICULARES.....	3
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	4
1.1. Producción de fresa a nivel nacional.....	4
1.2. Producción de fresa a nivel internacional	4
1.3. Beneficios del consumo de fresa.....	5
1.4. Problemas relacionados con la inocuidad de la fresa.....	6
1.5. Información de importancia sobre las bacterias utilizadas en este estudio	8
1.6. Control de la inocuidad en la fresa.....	9
1.7. Propiedades fisicoquímicas de la fresa.....	9
1.8. Agentes químicos que ayudan a controlar las ETA´s	10
1.9. Solución electrolizada de superoxidación (SES)	11
1.10. Uso de la SES en alimentos listos para su consumo	13
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1. Soluciones, bacterias y fresas utilizadas	17
2.2. Análisis fisicoquímicos de las soluciones	18
2.3. Evaluación <i>in vitro</i> con <i>Salmonella</i> Typhimurium y <i>Escherichia coli</i> O157:H7. 19	
2.4. Evaluación de la reducción bacteriana en fresas.....	21
2.5. Pruebas fisicoquímicas de fresas tratadas	23
I. <i>Color</i>	24
II. <i>Azúcares reductores</i>	24
III. <i>pH</i>	25
IV. <i>Acidez titulable</i>	26
2.6. Análisis de efecto residual.....	26
2.7. Análisis estadístico	27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1. Análisis fisicoquímicos de las soluciones	28
3.2. Evaluación <i>in vitro</i> con <i>Salmonella</i> Typhimurium y <i>Escherichia coli</i> O157:H7 28	
3.3. Evaluación de la reducción bacteriana en fresas.....	29

3.4.	Pruebas fisicoquímicas de fresas tratadas	32
I.	<i>Color</i>	32
II.	<i>Azúcares reductores</i>	39
III.	<i>Acidez titulable</i>	45
IV.	<i>pH</i>	46
3.5.	Análisis de efecto residual.....	48
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES.....		50
ANEXOS.....		59
Anexo A: Certificado de análisis de identificación de bacterias.....		59
Anexo B: Resultados con análisis estadístico		61

RESUMEN

La demanda en el consumo de frutas y vegetales ha ido incrementando en todo el mundo, debido a los beneficios en la salud que aporta el incluir en la dieta diaria este tipo de alimentos. La fresa es una fruta muy popular en todo el mundo debido a que sus propiedades organolépticas son atractivas para los consumidores. La producción en México de fresa es importante ya que es uno de los principales países exportadores. Al ser un producto listo para su consumo puede ocasionar problemas de inocuidad alimentaria. En el presente trabajo se evaluó el efecto conservador de la Solución Electrolizada de Superoxidación (SES) con pH neutro en fresas contaminadas con *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 y *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43888, almacenadas a 6°C. Se realizó un ensayo *in vitro* para evaluar la eficacia bactericida de la SES con una concentración de 54 ppm contra *Salmonella* Typhimurium ATCC 13311 y *E.coli* O157:H7 ATCC 43888, se evaluó la aplicación de la SES mediante aspersion o inmersión en fresas contaminadas con estas dos bacterias. El NaClO con una concentración de 100 ppm se usó como comparativo, debido a que es la solución oxidante más utilizada en la industria. La SES con pH neutro es una solución estable químicamente por su pH, no genera residuos y debido a su ORP es un efectivo agente bactericida, se decidió comprobar su funcionalidad como conservador y como posible alternativa de uso de los desinfectantes convencionales. Por este motivo se realizaron análisis fisicoquímicos relacionados con las propiedades organolépticas de las fresas (color, sólidos solubles, método de ácido dinitrosalicílico, pH y acidez) y un análisis de residuos. Los resultados mostraron que en la evaluación *in vitro* la SES obtuvo un porcentaje de reducción microbiana < 99.999%, los resultados para la evaluación en fresas tratadas por aspersion fueron de 99.22% y 96.62% para *E.coli* y *Salmonella* Typhimurium respectivamente, mientras que al ser aplicada por inmersión se obtuvo 99.52% y 98.26% *E.coli* y *Salmonella* Typhimurium respectivamente. La SES generó un mayor cambio total de color al ser aplicada por aspersion e inmersión, afecta la síntesis de azúcares reductores al ser aplicada por aspersion, no afecta valores de pH, acidez y no se detectó actividad residual.

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario ha jugado un papel importante en la trayectoria de la economía mexicana, la actividad exportadora de productos frescos es una fuente importante de divisas (Ácila & González, 2012). En México en el año 2022 se produjeron 578,142 toneladas de fresa, los principales estados productores de fresa son Michoacán, Guanajuato y Baja California (SADER, 2022).

El consumo de fresa tiene beneficios en la salud debido a los compuestos bioactivos que la conforman, sus características sensoriales son atractivas para los consumidores y es uno de los frutos rojos más consumidos en todo el mundo (Tulipani et al., 2008). Las fresas son susceptibles a la contaminación de bacterias patógenas como *E.coli* y *Salmonella* spp durante su procesamiento; provocando riesgos para la salud humana y pérdidas económicas, debido a lo anterior la desinfección durante el procesamiento de alimentos listos para su consumo es fundamental (Valpuesta, 2002).

La Solución Electrolizada de Superoxidación (SES) con pH neutro es eficaz en la desinfección de frutas y verduras, mariscos y carne (Han et al., 2018). La SES es un método de desinfección seguro ya que debido a su pH neutro es estable, no causa irritación en la piel y no es corrosiva en superficies metálicas (Cui et al., 2009). El objetivo del presente trabajo es la evaluación de la SES como un desinfectante eficaz en alimentos listos para su consumo, se evaluó el efecto conservador de la SES al analizar las propiedades fisicoquímicas de color, sólidos solubles, azúcares reductores (DNS), pH y acidez de las fresas tratadas y almacenadas a 6°C.

HIPÓTESIS

La Solución Electrolizada de Superoxidación (SES) con pH neutro actuará como conservador si, al aplicarla disminuyen las cuentas bacterianas de *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43888 y *Salmonella* Typhimurium ATCC 1331, sin alterar las propiedades fisicoquímicas de las fresas.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la reducción bacteriana de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7, así como el cambio en las propiedades fisicoquímicas de fresas tratadas con una Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar la actividad bactericida de la Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro en fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7
- Determinar el efecto que tiene la Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro sobre las propiedades fisicoquímicas (color, sólidos solubles, azúcares reductores, pH y acidez) de las fresas
- Determinar la mejor forma de aplicación de los tratamientos (aspersión e inmersión), mediante la cuál las fresas sufren un cambio fisicoquímico menor y se obtiene una reducción bacteriana mayor

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

1.1. Producción de fresa a nivel nacional

El cultivo de la fresa es una actividad agrícola importante para el sector primario de México (Bustamante et al., 2020). A nivel nacional en el año 2022 se obtuvo una producción de 578, 142 Ton. Los tres principales estados productores de fresa son: Michoacán, Guanajuato y Baja California (**Figura 1**) (SIAP, 2023). De acuerdo con la SADER (2020) el consumo per cápita anual es de 3.2 kilogramos en México. Por lo cual la fresa es un producto alimenticio que tiene una gran demanda de consumo en México.

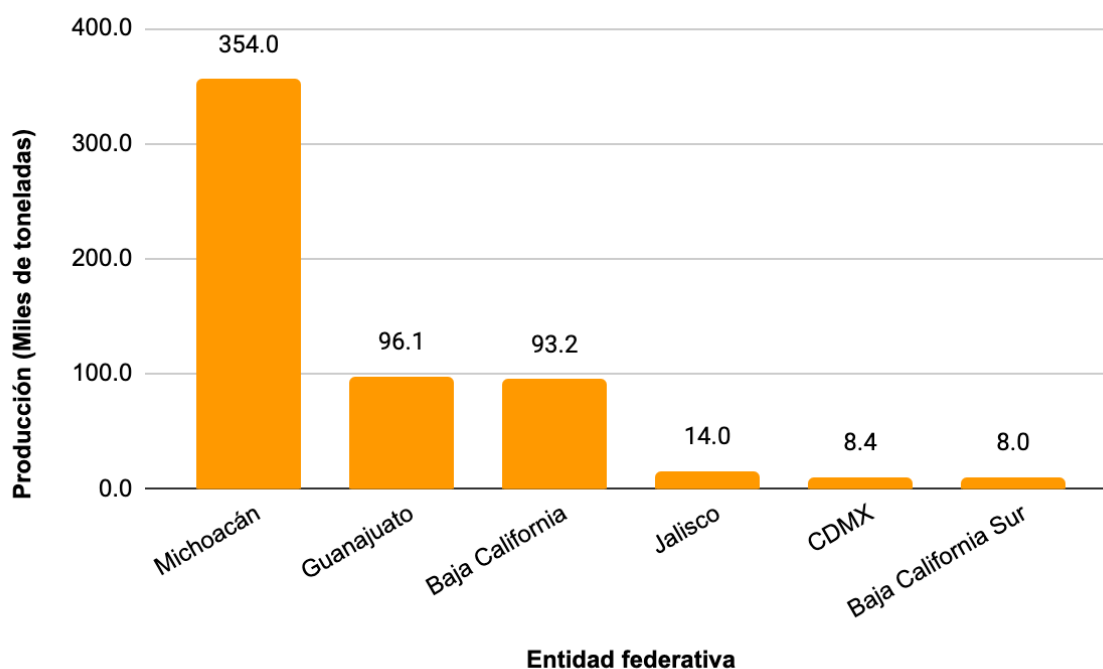


Figura 1. Principales estados productores de fresa en 2022.

Modificado de: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023)

1.2. Producción de fresa a nivel internacional

México se encuentra dentro de los cinco principales países productores de fresa **Figura 2**. Además es uno de los principales países exportadores de fresas en el 2020, se ha generado un incremento en las exportaciones mexicanas que

principalmente se destinan a Estados Unidos y Canadá (PRODUCEPAY 2021;FAOSTAT 2023). Debido a la demanda nacional e internacional que la fresa tiene, es importante mantener su inocuidad y calidad.

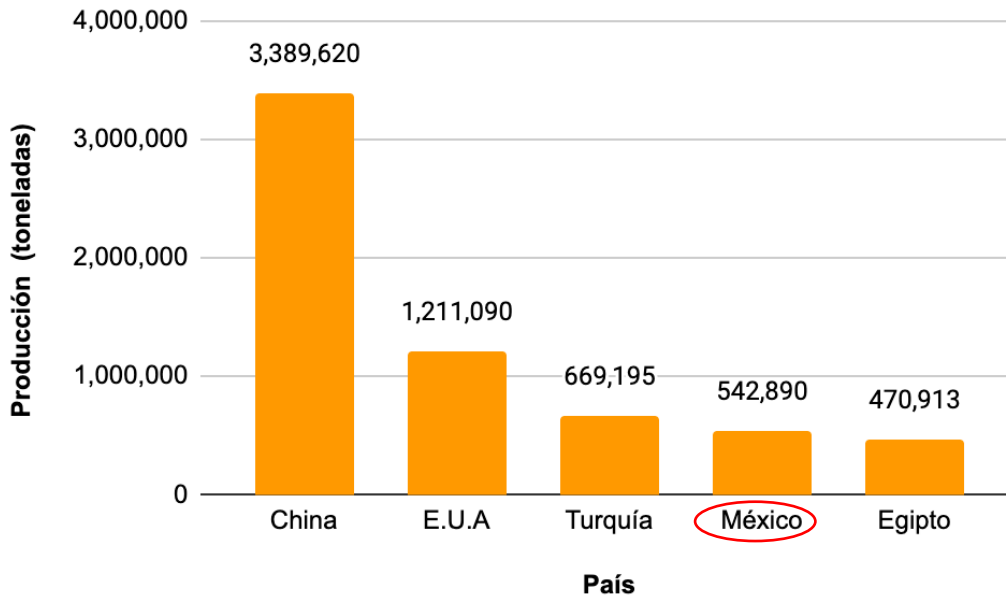


Figura 2. Principales países productores de fresa en 2021.
Modificado de: FAOSTAT, 2023

1.3. Beneficios del consumo de fresa

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una de las frutas más populares en el mundo debido a su sabor, fragancia, color y a su contenido de compuestos bioactivos, consumir fresa es una estrategia para mejorar la salud humana (Sirijan et al., 2020). Es una fruta no climatérica y es considerada una fuente importante de micronutrientes, como vitamina C y fenoles; en su mayoría son antioxidantes que contribuyen a la calidad nutricional de la fresa (Sharma et al., 2019). Sus componentes principales son: agua (90.95g/100g), carbohidratos (7.68g/100g), vitamina C (58.8mg/100g), potasio (153mg/100g), calcio (16mg/100g) y fósforo (24mg/100g), se ha demostrado que una dieta rica en frutas y vegetales se asocia a no padecer enfermedades patológicas como obesidad, cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Giampieri et al., 2012).

1.4. Problemas relacionados con la inocuidad de la fresa

La fresa es un alimento perecedero propenso a sufrir ablandamiento del tejido y daños físicos causados por el manejo durante la cosecha y el empaquetamiento; además es fácil que sea contaminada por microorganismos patógenos. La contaminación de las fresas puede ocurrir antes y después de ser cosechadas por factores como el agua de riego, la tierra de sembradío, el contacto con las personas y el equipo donde se procesan (Nicolau-Lapeña et al., 2019). Debido a que es una fruta cosechada a mano, empaquetada y comercializada como un producto listo para su consumo, no está sujeta a ningún tratamiento que ayude a eliminar los patógenos presentes después de su cosecha (Ortiz-Solà et al., 2020). Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) están relacionadas con el consumo de alimentos listos para su consumo, se han reportado brotes causados por *Escherichia coli* O157:H7 debido al consumo de espinaca baby (CDC, 2022), lechuga romana (CDC, 2020), hortalizas de hojas verdes (CDC, 2020); también se han reportado brotes causado por *Salmonella spp* en cebolla (CDC, 2022), duraznos (CDC, 2020) y papaya (CDC, 2019). Es por eso que la desinfección de frutas y verduras es uno de los pasos más importantes en el procesamiento de productos listos para su consumo (Sinha, 2012).

Los alimentos que están contaminados con patógenos o productos químicos no son seguros para su consumo, se generan pérdidas económicas y aumentan los costos para los productores, procesadores y comerciantes (FAO, 2021). Los peligros de inocuidad alimentaria dan lugar a pérdidas que impactan en la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, reducen la disponibilidad local y mundial de alimentos; a nivel global 1, 300 millones de toneladas de los alimentos producidos anualmente para consumo humano se pierden (disminución de la masa disponible para el consumo humano) durante la producción, postcosecha, almacenamiento y transporte (FAO 2022). En la **Figura 3** se observa que las frutas y hortalizas se encuentran en el primer lugar de alimentos desperdiciados.

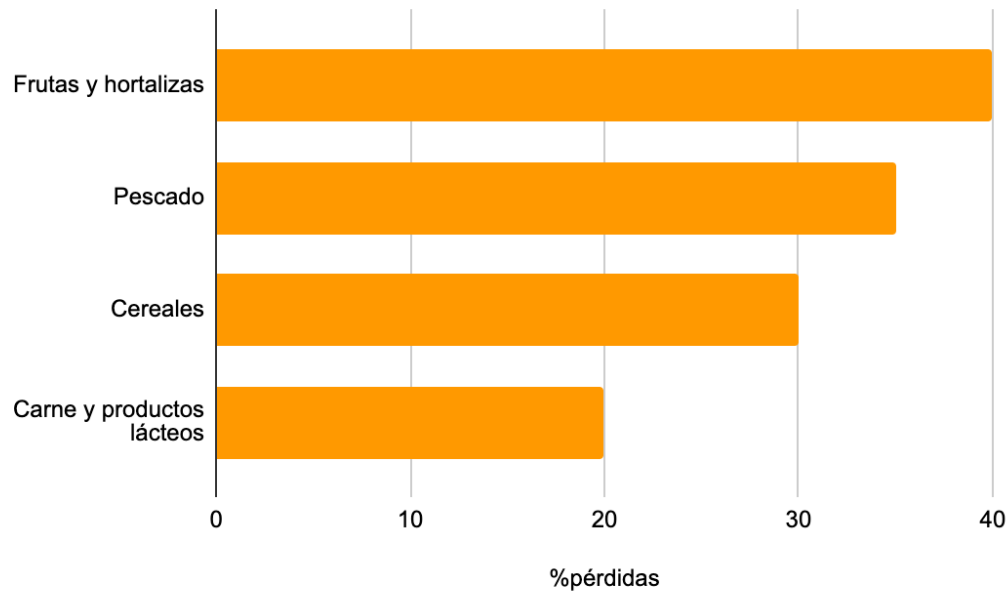


Figura 3. Porcentaje de pérdida de diferentes tipos de alimentos en el mundo.
Modificado de: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022).

En la **Figura 4.** se observan los porcentajes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's) de diferentes tipos de alimentos en los Estados Unidos; las frutas y verduras se encuentran en segundo lugar con un 12%, lo cual es de interés por mantener este tipo de alimentos inocuos y seguros para los consumidores. De acuerdo al Sistema Nacional de Notificación de Brotes (NORS) de los Estados Unidos, del 2018 al 2021 se reportaron 4 brotes en fresas causados por *Escherichia coli* y 3 brotes en fresas causados por *Salmonella spp.*

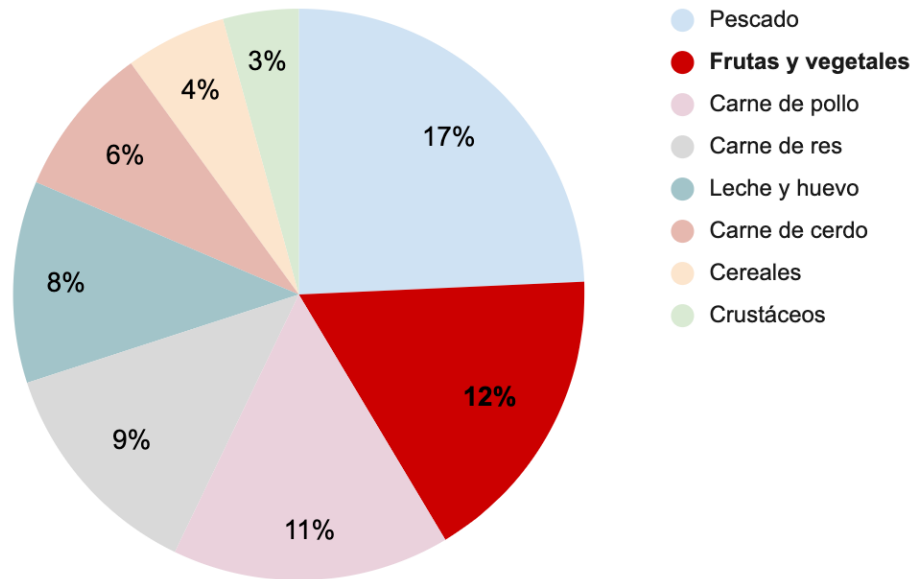


Figura 4. Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en EUA en el año 2017.

Modificado de: Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, 2019).

1.5. Información de importancia sobre las bacterias utilizadas en este estudio

Salmonella enterica

Bacteria en forma de bacilo gram negativa, anaerobia facultativa, no produce esporas y tiene movilidad gracias a sus flagelos peritricos (Slonczewski, 2009). La *Salmonella enterica* serovar Typhimurium y Enteritidis son las que con mayor frecuencia se relacionan con la salmonelosis de origen alimentario (Willey et al., 2013). Se transmite por la ruta fecal-oral y no afecta las propiedades organolépticas del alimento (Barreto et al., 2016).

Una vez ingerido el alimento contaminado con células viables de *Salmonella* ocurre la colonización del intestino grueso y delgado, sus factores de virulencia incluyen endotoxinas, enterotoxinas y citotoxinas que dañan y matan las células hospederas (Stahl et al., 2015).

La dosis mínima infectiva depende de factores como la edad y salud del hospedero, de acuerdo a Chimbombi (2013) se estima que para *S. Typhimurium* la dosis mínima infectiva en humanos es de 10^9 UFC/g.

Escherichia coli O157:H7

Bacteria en forma de bacilo gram negativa, anaerobia facultativa, no produce esporas y puede o no tener movilidad por flagelos peritricos. Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* (Brooks y Heard, 2011). Su tamaño va de 1.0 a 2.0 μm x 0.5 μm , habita normalmente el intestino de hombres y animales de sangre caliente. Esta bacteria no afecta las propiedades organolépticas de los alimentos y se transmite por la ruta fecal-oral a través de aguas no cloradas, alimentos contaminados o frutas y vegetales regados con aguas residuales (Hernández, 2016). *E.coli* O157:H7 es un serotipo que produce la toxina shiga, que ocasiona la colitis hemorrágica (Kim y Lee, 2021). *E.coli* O157:H7 se transmite fácilmente y su dosis mínima infectiva es menor a 10^2 UFC/g (Ho et al, 2013). De acuerdo a la FAO (2012) la dosis mínima infectiva para esta bacteria es de 10^1 UFC/g.

1.6. Control de la inocuidad en la fresa

Para alargar la vida de anaquel se requiere de una combinación de tratamientos que retarden o inactiven el deterioro del producto. La refrigeración ha permitido que el comercio de frutas y verduras pueda ser prolongado después de la cosecha, la cadena de frío es importante para que los productos sigan manteniendo su calidad. La temperatura ideal de refrigeración de las fresas es de 0-2 °C con la cual se tiene una vida de anaquel de máximo 2 semanas (Sinha et al., 2012). Además, para controlar la calidad sanitaria se utilizan previo a la cosecha, fungicidas y bactericidas sintéticos, sin embargo, también existe la necesidad de controlar la aparición de microorganismos patógenos después de la cosecha (Vardar, 2012).

1.7. Propiedades fisicoquímicas de la fresa

Los principales factores considerados para determinar la calidad de la fresa son la firmeza, apariencia, sabor, grado de madurez y brillo de acuerdo con Casierra et al

(2011) todos estos factores se relacionan con las propiedades fisicoquímicas de la fresa.

La apariencia y brillo se relacionan con el color, el oscurecimiento en frutas y verduras es una preocupación debido a que afecta la apariencia, la calidad nutricional y las propiedades organolépticas de la fresa (Sun et al., 2019). Las antocianinas brindan el color atractivo característico de la fresa, son importantes para evaluar la madurez del fruto (Da Silva Pinto et al., 2008). El sabor se relaciona con el contenido de azúcares reductores y ácido cítrico, el sabor es un parámetro importante en el cual los consumidores deciden su compra y es determinado directamente por el contenido de azúcares reductores y ácidos orgánicos (Conti et al., 2014).

1.8. Agentes químicos que ayudan a controlar las ETA's

Muchos desinfectantes comerciales como persulfato de potasio, isopropanol, peróxido de hidrógeno, etanol, derivados del fenol (Arnialo et al., 2000), compuestos cuaternarios de amonio (Tucan, 1993) y cloro (Delaquis et al., 2004), han demostrado ser efectivos contra patógenos causantes de ETAs; de estos, el cloro es utilizado durante el procesamiento de frutas y verduras para la reducción de patógenos (AL-HAQ et al., 2005). Como primera opción de desinfectante se tiene al hipoclorito de sodio (NaClO) debido a su bajo costo y alta efectividad, sin embargo, es dependiente del pH lo que lo hace inestable, forma compuestos mutagénicos y carcinogénicos después de reaccionar con la materia orgánica, es corrosivo para superficies metálicas y para la salud humana (Ortiz-Solà et al., 2020). Debido a su pH alcalino y poder oxidativo, el hipoclorito de sodio afecta la integridad de la membrana celular, inhibe funciones esenciales como el metabolismo, el transporte de electrones y la división celular de los microorganismos (Estrela et al., 2002).

En los últimos años se han generado otras alternativas al uso de los desinfectantes convencionales, ya que son una gran fuente de contaminación, los microorganismos generan resistencia a ellos, la exposición constante de los agricultores a estos

químicos tiene repercusiones en su salud y los consumidores demandan productos con menos tratamientos químicos (Guentzel et al., 2011).

1.9. Solución electrolizada de superoxidación (SES)

El agua electrolizada con pH neutro es un novedoso agente antimicrobiano, tiene efecto en una gran variedad de microorganismos, es seguro para los seres humanos y el medio ambiente (Gómez et al., 2017). Es aceptada como desinfectante debido a que no es producida a partir de sustancias y procesos químicos peligrosos, además es considerada segura debido a sus propiedades fisicoquímicas y su vida de anaquel es larga; ayuda a reducir la carga microbiana en manzana, fresas, lechuga y pepino (Ampiauw et al., 2021). Es efectiva en productos marinos como el salmón (Khazandi et al., 2017) y productos cárnicos (Veasey & Murina, 2016).

La solución electrolizada es generada por la electrólisis de una solución diluida de NaCl ó KCl que pasa a través de una celda electrolítica con o sin membrana. El agua y NaCl se disocian en OH^- y H^+ , Na^+ y Cl^- respectivamente, los iones negativos son atraídos por el ánodo en donde son oxidados y transformados en ácido hipocloroso (HClO), ion hipoclorito (ClO^-), ácido clorhídrico (HCl), oxígeno gaseoso (O_2) y cloro gaseoso (Cl_2); los iones positivos son atraídos por el cátodo en donde son reducidos y transformados en hidrógeno e hidróxido de sodio (**Figura 5**) (Ramírez & Cano, 2020).

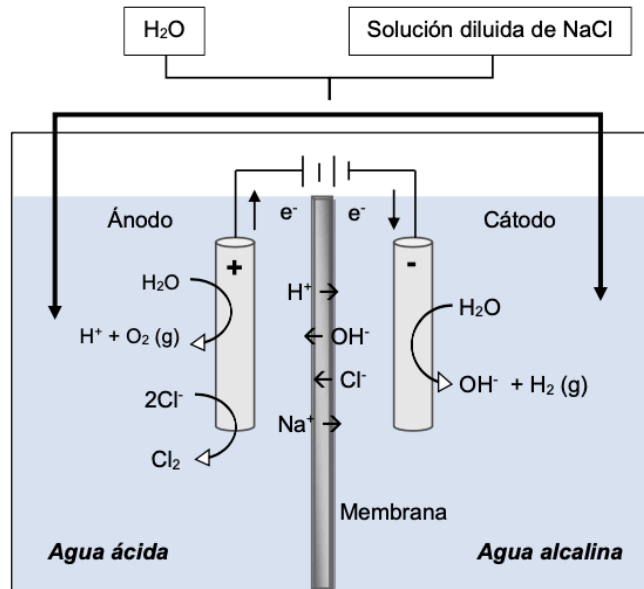


Figura 5. Esquema representativo de la generación de SES

Modificado de: Evaluación de la Solución Electrolizada de superoxidación con pH neutro en huevo para plato y huevo embrionado contaminado con *Lysteria monocytogenes* (Rivera, 2016).

SES con pH ácido ($\text{pH} < 3$ y $\text{ORP} > 950$ mV), SES con pH neutro (5-6.5 y ORP 800 a 900 mV) y SES con pH alcalino (pH 10-11.5 y ORP -800 a -900 mV) (Turantas et al., 2018). En años recientes el agua electrolizada ácida y neutra han sido estudiadas por su alta efectividad contra patógenos que afectan frutas y verduras, el agua electrolizada con pH ácido tiene un fuerte efecto bactericida debido a sus propiedades fisicoquímicas, sin embargo, presenta muchas desventajas ya que es corrosiva para los equipos utilizados durante el proceso, es un agente irritante y tiene una vida útil corta debido a que a ese pH el Cl_2 disuelto se pierde por volatilización (Buck et al., 2003; Len et al., 2000). La solución electrolizada de superoxidación con pH neutro ha demostrado que su pH que presenta es más estable (la pérdida de cloro se reduce significativamente), no es corrosivo en superficies metálicas, no genera resistencia bacteriana, no causa efectos negativos a la salud humana ni al medio ambiente (Raham et al., 2010).

Las especies de cloro (HClO , Cl_2 y ClO^-) tienen un papel esencial en el efecto antimicrobiano de la SES; el ClO^- no puede penetrar la membrana celular debido a

la hidrofobicidad de la bicapa lipídica, tiene acción oxidante en la parte externa de la célula e inactiva la funcionalidad de las proteínas presentes en la membrana lipídica. El HClO ataca el exterior e interior de la célula, puede penetrar la membrana externa por difusión pasiva, gracias a su neutralidad y el tamaño pequeño de la molécula, altera las funciones normales de la célula al afectar las reacciones metabólicas, la producción de ATP, inhibe la oxidación de la glucosa, interrumpe la síntesis de proteínas e inhibe la fosforilación oxidativa y la captación de oxígeno. Las especies reactivas de oxígeno (O_3 y $H_2 O_2$) generadas durante la electrólisis también contribuyen con el efecto antimicrobiano, conforme aumenta la permeabilidad de la membrana hay una pérdida de DNA (Raham et al., 2016; Yan et al., 2021).

1.10. Uso de la SES en alimentos listos para su consumo

Como ya se mencionó los alimentos listos para su consumo pueden contener microorganismos patógenos. Estudios anteriores han demostrado que la Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro ayuda a reducir la presencia de microorganismos en alimentos denominados listos para su consumo (**Tabla 1**).

Tabla 1.- Empleo de la SES en alimentos listos para su consumo.

Alimento	Concentración SES con pH neutro	Microorganismo	Reducción bacteriana log(UFC/g)	Referencia
Manzana	100 ppm	levaduras (<i>Candida sake</i> , <i>Hanseniaspora uvarum</i> , <i>Pichia fermentans</i> y <i>Metschnikowia pulcherima</i>)	1.96	(Graça et al., 2020)
	50 ppm	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> • <i>Listeria innocua</i> • <i>Salmonella choleraesuis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.49 • 0.70 • 1.4 	(Graça et al., 2011)
Mango	101 ppm	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> O157:H7 • <i>Cronobacter sakazakii</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 • < 2 	(Santo et al., 2018)
Col blanca	45 ppm	<ul style="list-style-type: none"> • Bacterias psicotróficas • Bacterias ácido lácticas • Levaduras 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.40 • 0.53 • 0.28 	(Gómez et al., 2007)
Tomate	89 ppm	<i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella enterica</i> y <i>Listeria monocytogenes</i>	> 4	(Deza et al., 2003)
Lechuga y espinaca baby	50 pm	<i>Lsteria Innocua</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> y <i>Escherichia coli</i>	>1.5	(Ogunniyi et al., 2021)

Las frutas y verduras son alimentos listos para su consumo y como resultado son causantes de provocar enfermedades de transmisión alimentaria (ETAs). Las ETAs son un problema de carácter social, tecnológico, económico, cultural y político; es necesario por lo tanto implementar alternativas de desinfección que permitan a los productores, procesadores y distribuidores de alimentos aplicarlos para prevenir o corregir las principales causas que dan origen a la presencia de ETAs (Kopper et al., 2009).

Las fresas son una parte importante de una dieta saludable de las personas, ya que son fuente de vitaminas, minerales, antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos (Amiri et al., 2022). Debido a su morfología pueden contaminarse por microorganismos patógenos como *Salmonella spp* y *E.coli O157:H7* convirtiéndolas en un alimento potencialmente causante de ETAs (Wei et al., 2017)

Debido a que tienen una superficie blanda y rugosa, la aplicación de un desinfectante a través de una inmersión no es recomendada ya que puede ser perjudicial, la fresa puede ser dañada fácilmente durante la desinfección en la línea de producción, y durante el periodo de secado y pre enfriamiento se puede facilitar la contaminación por patógenos (Van De Velde et al., 2016)

Por lo anterior es importante la correcta desinfección de la fresa, en este estudio se evaluó la capacidad bactericida de la solución electrolizada de superoxidación con pH neutro (SES) junto con el desinfectante mas empleado en la industria (NaClO) al aplicarlos por las técnicas de aspersion e inmersión. De igual forma se evaluó la afectación que tienen estas dos soluciones en las propiedades fisicoquímicas de la fresa.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, en la Figura 6 se muestra de manera general la metodología empleada. En la sección 2.1 a 2.6 se describe más a fondo cada uno de los procedimientos realizados.

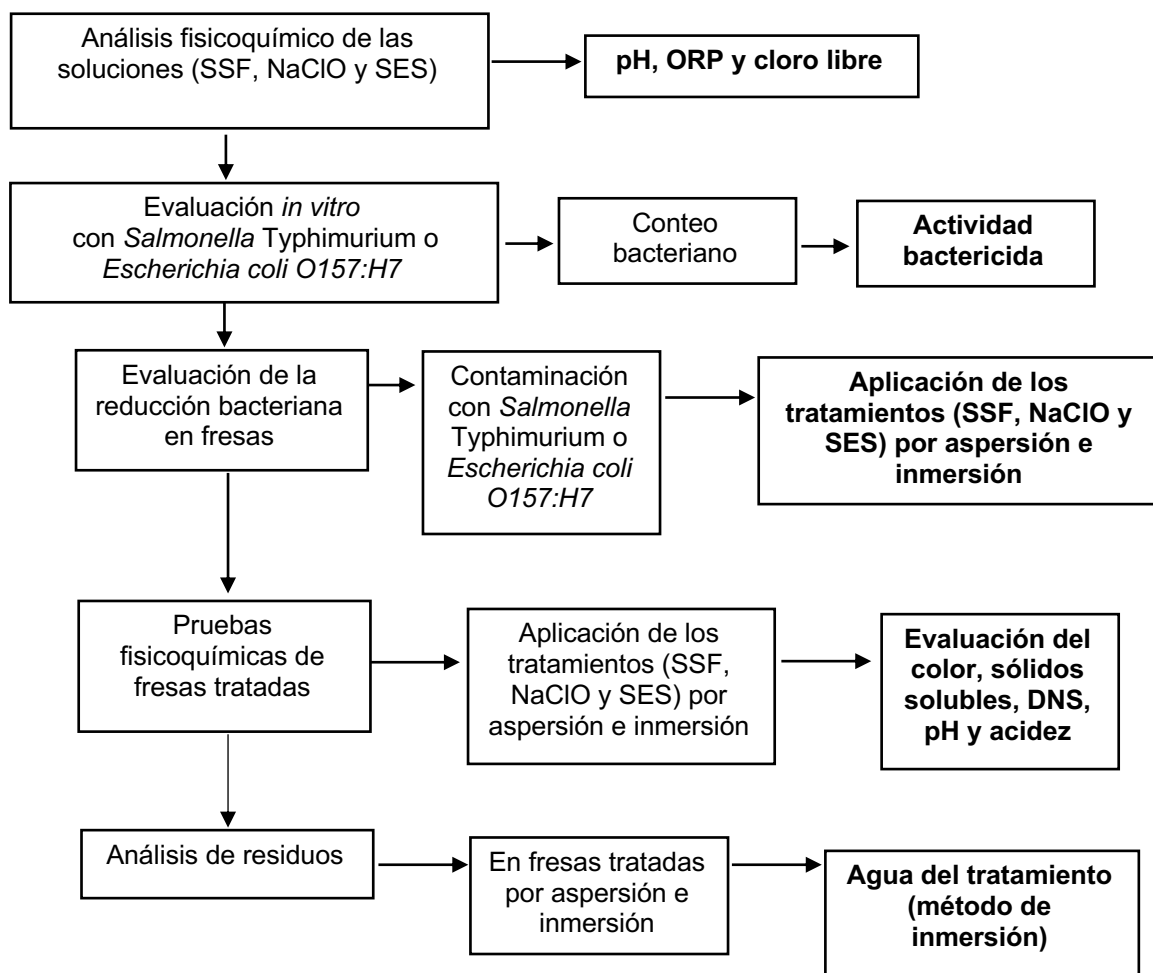


Figura 6. Diagrama general de la metodología empleada

2.1. Soluciones, bacterias y fresas utilizadas.

En el presente estudio se emplearon las siguientes soluciones: Solución Electrolizada de Superoxidación (SES) con pH neutro (Esteripharma México S.A. de C.V.); hipoclorito de sodio (NaClO) comercial (CAS. No. 7681-52-9, Química Rique S.A. de C.V, lote No.123717-CQM) y solución salina fisiológica (SSF) como solución control de lavado. Se utilizaron las siguientes bacterias: *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium* ATCC 13311 y *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43888. Las fresas fueron obtenidas en un supermercado y seleccionadas para que todas tuvieran el mismo grado de madurez, tomando como referencia una tonalidad rojo-cereza completa (**Figura 7**).



Figura 7. Fresas utilizadas

2.2. Análisis fisicoquímicos de las soluciones

Las características fisicoquímicas de las soluciones estudiadas (pH, potencial óxido-reducción (ORP) y concentración de cloro libre) contribuyen en el efecto bactericida, se ha visto que el ORP es la característica fisicoquímica con mayor impacto sobre el efecto bactericida (Hung et al., 2010).

⇒ Determinación de pH y ORP: Se utilizó un potenciómetro *Water Proof Tester* (HANNA Combo HI 9812). A continuación, se describe el procedimiento brevemente. Se calibró el potenciómetro y posteriormente fue colocado dentro de un vaso de precipitados de 100 mL con ayuda de unas pinzas. El vaso contenía 50 mL de la solución a evaluar y una barra de agitación magnética para homogeneizar la solución. Las mediciones de pH y ORP se realizaron por triplicado para cada solución y se tomaron tres lecturas de cada réplica (**Figura 8 A**).

⇒ Ensayo yodométrico: La concentración de cloro libre se determinó en base a la metodología descrita en la NMX-AA-100-1987 la cual se describe a continuación. Se tomaron 50 mL de la solución a evaluar y se agregaron 350 μ L de ácido acético glacial más 1 g de yoduro de potasio (Cat. No. 7681-11-0, J.T. Barker, Estado de México., México); se valoró con tiosulfato de sodio 0.01N (Cat. No. 7772-98-7, J.T. Barker, Estado de México., México) hasta la aparición de un amarillo paja. Se agregó 1 mL de indicador de almidón 0.5% y se siguió titulando con tiosulfato de sodio hasta obtener una solución incolora. La titulación yodométrica se realizó por triplicado para cada una de las soluciones. En la **Figura 8 B** se observa en el primer matraz de izquierda a derecha el momento en el cual el KI añadido reacciona con el Cl_2 presente en el medio (color café), el segundo matraz muestra la reacción entre el Na_2SO_3 con el triyoduro (color amarillo), el tercer matraz muestra la formación del complejo almidón-yodo (color azul oscuro) y finalmente el último matraz muestra el momento en el cual se llega al punto final de la titulación (incoloro).

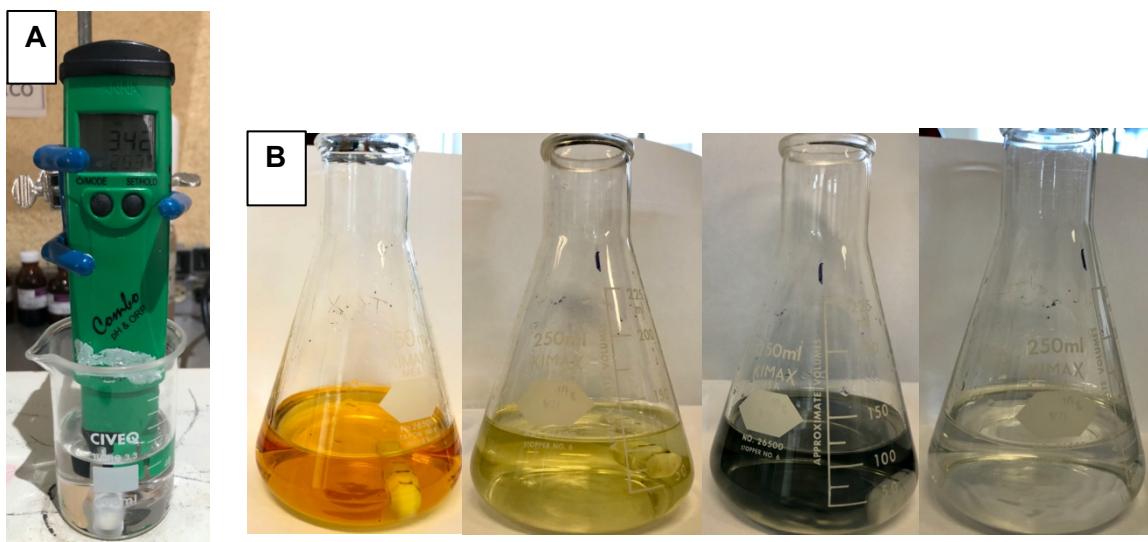


Figura 8. Determinaciones fisicoquímicas de las soluciones.
A: pH y ORP; **B:** titulación yodométrica.

2.3. Evaluación *in vitro* con *Salmonella Typhimurium* y *Escherichia coli O157:H7*

Se procedió a evaluar la capacidad bactericida de las soluciones evaluadas. Esta evaluación se realizó siguiendo la metodología descrita a continuación.

Conteo bacteriano

Las bacterias *E. coli O157:H7* y *Salmonella Typhimurium* fueron sembradas en cajas Petri con medio Agar Tripticasa Soya (TSA) (Cat. No. 210800, BD Bioxon, Estado de México., México) y se incubaron a 37°C por 24 h. Posteriormente se inoculó una colonia aislada en un tubo falcon con 5 mL de medio Caldo Tripticasa Soya (TSB) (Cat. No. 7381, MCD LAB, , Estado de México., México) y fueron incubadas a 37°C por 16 h (Rodríguez, 2018). Se realizó el conteo bacteriano (Seo et al., 2019) con algunas modificaciones, se llevaron a cabo diluciones decimales seriadas en tubos con 9 mL de solución salina fisiológica (SSF), posteriormente las diluciones fueron sembradas en medio Agar Tripticasa Soya (TSA) e incubadas a 37°C durante 36 h y se determinó la cuenta viable.

Actividad bactericida *in vitro*

⇒ Preparación del inóculo: Con un asa bacteriológica se tomó del inóculo preparado en la sección de conteo bacteriano y se inoculó en un tubo falcon con 17.5 mL de TSB, se incubó a 37°C por 16 h.

⇒ Se realizó la prueba de la actividad microbiana en productos germicidas (NMX-BB-040-SCFI-1999) con algunas modificaciones: En un tubo de ensaye estéril se colocaron 9.9 mL de la solución a evaluar y se inoculó con 100 µL de la bacteria obtenida previamente. Después de 30s se procedió a realizar diluciones decimales con agua peptonada y solución salina fisiológica, como se muestra en la **Figura 9**. Las diluciones fueron sembradas en medio TSA e incubadas a 37°C durante 24 h. Una vez transcurrido ese tiempo se realizó el conteo bacteriano y se calculó el porcentaje de reducción bacteriana usando la **Ecuación 1**, los datos del control fueron los obtenidos de la cuenta con el tratamiento con SSF y los de la muestra los datos obtenidos con SES ó NaClO. Las evaluaciones se realizaron por triplicado para cada solución.

$$\% \text{ reducción} = \left(\frac{\frac{UFC}{\text{mL}} \text{ del control} - \frac{UFC}{\text{mL}} \text{ de la muestra}}{\frac{UFC}{\text{mL}} \text{ del control}} \right) 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de reducción bacteriana

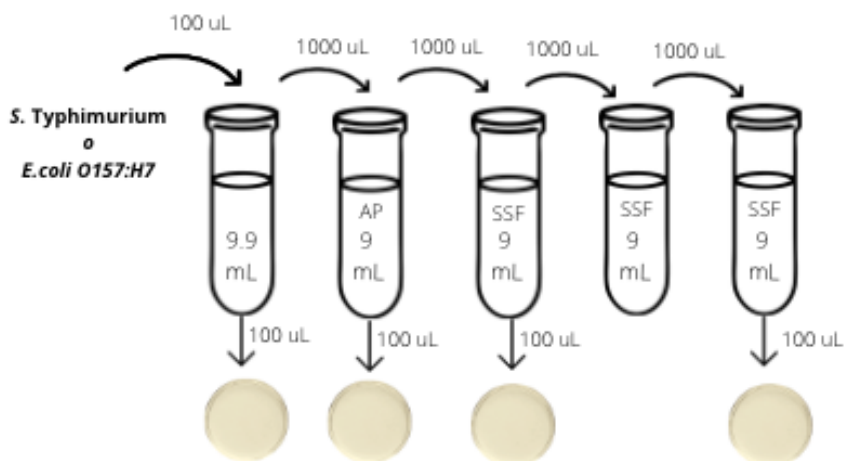


Figura 9. Imagen representativa del ensayo *in vitro*

AP= agua peptonada 0.1%

2.4. Evaluación de la reducción bacteriana en fresas

El diseño experimental está conformado por la preparación del inóculo, el conteo bacteriano, la contaminación de las fresas y la aplicación de los tratamientos. La aplicación de los tratamientos se realizó mediante una aspersion o inmersión de las soluciones evaluadas. Se representa de forma general en la **Figura 10** y posteriormente se describe a detalle cada uno de los pasos.

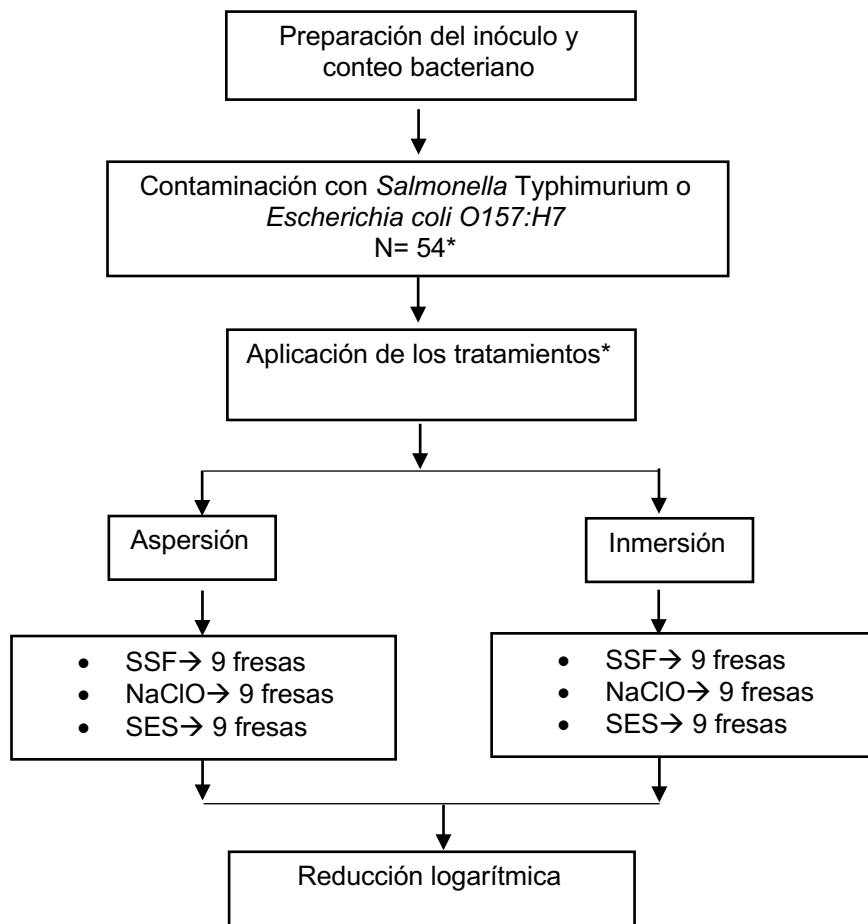


Figura 10. Diseño experimental de la evaluación de la reducción bacteriana en fresas

*Por bacteria

⇒ Preparación del inóculo: Las bacterias fueron tomadas del inóculo preparado en la sección **2.3 conteo bacteriano**. Se inocularon en un tubo falcon con 17.5 mL de medio TSB y se incubaron a 37°C por 16 h.

⇒ Conteo bacteriano: Se realizaron diluciones decimales seriadas en tubos

con 9 mL de solución salina fisiológica (SSF). Las diluciones fueron sembradas en medio Agar Trypticase Soya (TSA) e incubadas a 37°C durante 36 h. Se determinó el número de cada bacteria mediante la cuenta viable inicial (Rivera, 2016). Se preparó una suspensión bacteriana con 1L de solución salina fisiológica (SSF) y 10 mL del inóculo preparado previamente.

⇒ Contaminación con *Salmonella Typhimurium* o *Escherichia coli O157:H7*: Se sumergieron 54 fresas en la suspensión bacteriana durante 1 min con movimiento constante. (Bialka et al., 2004; Torres et al., 2020). Posteriormente las fresas fueron retiradas del inóculo y se les aplicó el tratamiento.

⇒ Aplicación de los tratamientos: Las fresas fueron divididas en dos grupos cada grupo con 27 fresas para ser tratadas por dos métodos: aspersion e inmersión. Posteriormente las fresas se dividieron en tres subgrupos, donde cada subgrupo fue tratado con SSF, NaClO con una concentración de 100 ppm debido a que en la industria de frutas y verduras el cloro es usado en concentraciones de 50-150 ppm (USFDA, 2023) y SES con una concentración de 54 ppm. La aspersion se realizó con 13.5 mL (1 aspersion=0.5 mL) de cada solución evaluada y la inmersión se llevó a cabo durante 1 min con 200 mL (Nicolau-Lapeña et al., 2019).

⇒ Reducción bacteriana: Las fresas contaminadas y tratadas se colocaron en Una bolsa plástica estéril con 20 mL de SSF, se realizó un masaje por 1 minuto y posteriormente se tomó 1 mL del sobrenadante para realizar diluciones decimales. Las diluciones fueron sembradas en medio TSA e incubadas a 37°C durante 36 h. Se determinó la cuenta viable obtenida para cada solución mediante la **Ecuación 2** (Torres et al., 2020); los experimentos fueron realizados por triplicado.

$$\text{Reducción logarítmica} = \left(\log \left(\frac{UFC}{mL} \right) \text{ del control} - \log \left(\frac{UFC}{mL} \right) \text{ de la muestra} \right)$$

Ecuación 2. Reducción logarítmica

2.5. Pruebas fisicoquímicas de fresas tratadas

Se formaron dos grupos conteniendo cada uno 60 fresas; las cuales se subdividieron en tres grupos para ser tratadas con las soluciones a estudiar (SSF, SES y NaClO). Las fresas fueron asperjadas con un atomizador como el que se muestra en la **Figura 11** utilizando 30 mL de las soluciones a estudiar y las que se trataron mediante inmersión con 550 mL (**Figura 12**). Los tratamientos de inmersión fueron realizados por 5 min, de acuerdo a Udombijitkul (2007) la mayor reducción logarítmica se logró a los 5 min de contacto con NaClO y SES; se decidió optar por un tiempo de aplicación más prolongado al evaluado en las pruebas microbiológicas ya que este tiempo de aplicación nos permitiría observar mejor las posibles afectaciones que estas soluciones tendrían sobre las propiedades fisicoquímicas de las fresas. Las fresas fueron almacenadas a 6°C y las mediciones se realizaron a los días 0, 1, 2, 3 y 4.



Figura 11. Atomizadores empleados para la aspersión de las fresas. Una aspersión equivale a 0.5 mL

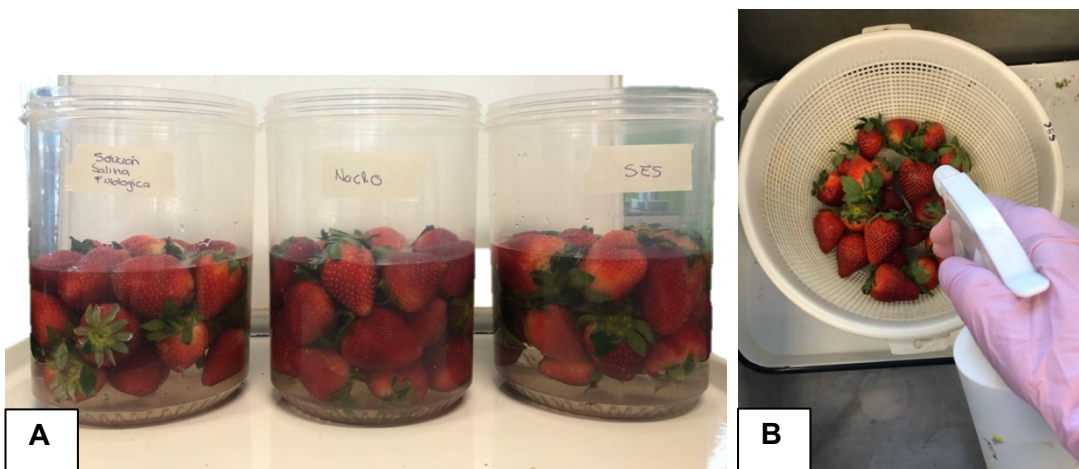


Figura 12. Ejemplificación de la aplicación de las soluciones por **A:** Inmersión **B:** Aspersión

I. **Color**

El espectro CIEL*a*b* fue calculado en las fresas tratadas para determinar el cambio en el color, utilizando un espectrofotómetro Konica Minolta CM-600d previamente calibrado. Se tomaron cinco lecturas de 4 fresas por tratamiento, obteniendo el valor de a* (cambio de rojo a verde), b* (cambio de azul a amarillo) y L* (luminosidad) con los cuales se determinó el cambio total de color (ΔE) (Janurianti et al., 2021). El cambio total de color (ΔE) es la correlación entre los parámetros L*, a* y b* obtenidos en el día 0 con respecto a los del día 4, se calculó utilizando la **Ecuación 3**.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Ecuación 3. Cambio total de color (ΔE)

II. **Azúcares reductores**

Se cuantificaron por dos métodos, sólidos solubles y el método de ácido dinitrosalicílico (DNS). Para los sólidos solubles se licuaron cuatro fresas con ayuda de una licuadora de mano (HamiltonBeach modelo 59760). Posteriormente con una espátula se tomó una pequeña parte del homogeneizado y se colocó en el refractómetro (CVQ-4012, VelaQuin S de R.L de C.V., México) previamente

calibrado (AOAC 932.12), se realizó por triplicado para cada tratamiento. Para el método de DNS se utilizó un espectrofotómetro UV/VIS (λ 25) Perkin Elmer. Se tomó 1 g del homogeneizado y se filtró con 50 mL de agua destilada, posteriormente se aforó a 100 mL con agua destilada. En un tubo de ensaye con tapa de goma se colocó 1 mL del filtrado con 1 mL de reactivo DNS, se calentó durante 5 min en un baño de agua hirviendo, finalmente se mezcló con ayuda de un vortex (Thermo Scientific™ 88880018). Se dejó enfriar y se añadieron 10 mL de agua destilada. Se leyó la absorbancia del blanco y de la muestra a una longitud de onda de 540nm. La cuantificación de azúcares reductores se llevó a cabo interpolando los valores de absorbancia obtenidos de una curva patrón de dextrosa preparada previamente, la cual tenía una concentración de 0.2 a 2 mg/mL (Iturbe & Sandoval, s.f). Las mediciones se realizaron por sextuplicado para cada tratamiento. Con la **Ecuación 4** se calculó la concentración de azúcares reductores (mg/mL) con ayuda de la ecuación de la recta obtenida mediante la curva patrón, posteriormente para obtener el porcentaje de azúcares reductores se utilizó la **Ecuación 5**

$$y = mx + b$$

$$X = \frac{Abs - b}{m} [=] \frac{mg \text{ azúcares reductores}}{mL \text{ muestra}}$$

Ecuación 4. Concentración (mg/mL) de azúcares reductores, a partir de la ecuación de la recta obtenida en la curva patrón

$$\% \text{ azúcares reductores} = \left(\frac{[mg]}{[mL]} * \left(\frac{1g}{1000mg} \right) * \left(\frac{100 mL}{1 g \text{ de fresa}} \right) \right) * 100$$

Ecuación 5. Porcentaje de azúcares reductores (g azúcares reductores/ 100g de fresa)

III. pH

Para realizar la determinación de pH, se utilizó un potenciómetro HANNA INSTRUMENT HI 2211 previamente calibrado. El potenciómetro se colocó en un vaso de precipitados de 100 mL con ayuda de un soporte universal y unas pinzas. El vaso contenía 10 g de fresa licuada con 50 mL de agua destilada y una barra de

agitación magnética (NOM-F-317-S-1978). La medición de pH se realizó por triplicado para cada tratamiento y se tomaron tres lecturas de cada réplica.

IV. Acidez titulable

Para la acidez titulable se centrifugó la solución empleada en la determinación de pH, se tomaron 10 mL del sobrenadante y se tituló con NaOH 0.1N utilizando fenolftaleína como indicador (AOAC 942.15). En la **Ecuación 6** se relacionan los mL de NaOH gastados, la concentración del NaOH, la relación estequiométrica entre el ácido cítrico y NaOH, la masa molecular del ácido cítrico y la alícuota de la muestra; de esta forma se obtuvo el porcentaje de acidez.

$$\% \text{ acidez} = \frac{\left(A * \left(\frac{0.1 \text{ eq NaOH}}{1000 \text{ mL NaOH}} \right) * \left(\frac{1 \text{ mol ac. cítrico}}{3 \text{ mol NaOH}} \right) * \left(\frac{192.13 \text{ g ac. cítrico}}{1 \text{ mol ac. cítrico}} \right) * \left(\frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \right) \right)}{10 \text{ g fresa}} * 100$$

A= volumen gastado de NaOH (mL)

Ecuación 6. Porcentaje de acidez (g ácido cítrico/ 100g de fresa)

2.6. Análisis de efecto residual

Para las determinaciones se empleó hipoclorito de sodio con una concentración de 100 ppm (**Tabla 2**) y la Solución Electrolizada de Superoxiadación con pH neutro a una concentración de 63 ppm, pH 6.6 y ORP 859, para esta determinación se optó por utilizar una concentración más alta de SES con pH neutro. La solución SES fue proporcionada por Esteripharma México S.A. de C.V.

⇒ Determinación de residuos en fresas tratadas: Para esta metodología se utilizó agua Mili-Q ultrapura (tipo I) obtenida de un equipo de purificación de agua Synergy® UV (SYNSVHFWW, Merck Millipore, Merck KGaA., Alemania) con una temperatura de 28.7 °C y una conductividad de 0.05 µS/cm. Posterior a la aplicación de los tratamientos, un conjunto de tres fresas por tratamiento fueron colocadas en una bolsa de plástico estéril y lavadas con 25 mL de agua Mili-Q durante 10 min (Guentzel et al., 2008, 2011). Se determinó la cantidad de cloro libre residual por

medio de la técnica yodométrica (**sección 2.2**). Se realizó por triplicado para cada tratamiento.

⇒ Determinación de residuos en el agua de lavado (método por inmersión): Se tomó una muestra del agua de lavado de 50 mL y se determinó la cantidad de cloro libre residual por medio de la técnica yodometría. Se realizó por triplicado para cada tratamiento.

2.7. Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para las pruebas microbiológicas y dos factores para las pruebas fisicoquímicas empleando el software Graphpad Prism 9 con un nivel de confianza del 95%.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis fisicoquímicos de las soluciones

El análisis mostró que la SES presentó un mayor valor de ORP (**Tabla 2**) ya que el 95% de la SES es ácido hipocloroso lo que hace que exhiba su poder oxidante, mientras que su pH neutro le da su estabilidad (Guentzel et al., 2011); además los valores de pH y ORP se encuentran dentro de los intervalos reportados por Durán (2010) donde se mencionan valores de pH 6.4-7.5 y ORP 800-900 mV. La solución que contenía NaClO mostró un menor ORP con respecto a la SES lo que indica un menor poder oxidativo; el valor de pH y ORP se encuentra dentro de los valores reportados por Abadias (2008) donde se mencionan valores de pH de 9.9 y un ORP de 597 para una concentración de cloro libre de 118 ppm. La SSF mostró un pH de 6.9, de acuerdo con Rojas (2019) el pH de la SSF está dentro de un intervalo de 4.5 a 7 y mostró un ORP de 380 el cual está dentro de lo esperado (Torres, 2017).

Tabla 2.- Propiedades fisicoquímicas de las soluciones desinfectantes.

	SES	NaClO	SSF
ORP (mV)	861± 1	528 ± 10.71	380± 1.43
pH	6.8± 0.02	9.8± 0.01	6.9± 0.06
Cl₂ (ppm)	54.96± 0.58	100.18± 1.48	ND

ND= no detectable

3.2. Evaluación *in vitro* con *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7

Las cuentas bacterianas mostraron que la solución SES es considerada como producto bactericida, debido a que generó una reducción de 6.4 y 6.3 log con respecto a *Salmonella* Typhimurium y *E.coli* O157:H7 respectivamente, lo cual se traduce a un porcentaje > 99.999% (**Tabla 3**). El NaClO obtuvo una reducción de 4.2 log (99.993%) y 6.3 (>99.999%) de *Salmonella* Typhimurium y *E.coli* O157:H7 respectivamente, en comparación a los resultados obtenidos con la solución control de lavado, por lo cual es considerado como un producto bactericida.

Tabla 3.- Cuentas bacterianas *in vitro* después de 30 s de tratamiento

	<i>Salmonella Typhimurium</i>	<i>E.coli O157:H7</i>
	log (UFC/mL)	log (UFC/mL)
SSF	9.4 ^a	9.3 ^a
SES	3.0 ^b	3.0 ^b
NaClO	5.2 ^c	3.0 ^b

Letras diferentes indican que hay diferencia significativa (*p<0.05)

3.3. Evaluación de la reducción bacteriana en fresas

El uso de la SES causó una disminución de *Salmonella Typhimurium* de 1.49 log (UFC/mL) al ser aplicada por aspersion y 1.88 log (UFC/mL) cuando es aplicada por inmersión. En comparación, la solución NaClO (100 ppm) generó una disminución significativa en las cuentas bacterianas de 1.29 log (UFC/mL) cuando fue aplicada por aspersion y 1.15 log (UFC/mL) por inmersión (**Figura 13 A y 13 B**). Las soluciones de NaClO y SES mostraron una diferencia significativa con la SSF al ser aplicadas por aspersion e inmersión, lo que demuestra que ambos desinfectantes son efectivos contra *Salmonella Typhimurium* en fresas. Al no haber diferencia significativa entre NaClO y SES en ambos métodos de aplicación (aspersion e inmersión) estas dos soluciones tienen el mismo poder bactericida con respecto a *Salmonella Typhimurium* en fresas, sin embargo, como ya se mencionó el NaClO muestra una serie de desventajas.

En cuanto a *Escherichia coli O157:H7* la SES mostró una disminución bacteriana de 2.12 log (UFC/mL) cuando es aplicada por aspersion y 2.40 log (UFC/mL) por inmersión. El NaClO generó una reducción de 1.31 (UFC/mL) en la administración por aspersion y 1.40 log (UFC/mL) por inmersión (**Figura 13 C y 13 D**). La SES y el NaClO mostraron una diferencia significativa con respecto a la SSF al ser aplicadas por aspersion e inmersión, demostrando así su efectividad contra *Escherichia coli O157:H7* en fresas, sin embargo la SES es un desinfectante con un mayor poder bactericida con respecto al NaClO en cuanto a la reducción bacteriana de *Escherichia coli O157:H7*, ya que existe diferencia significativa entre estas soluciones para ambos métodos.

La dosis mínima infectiva para *Salmonella* Typhimurium es de 10^6 (UFC/g) lo que equivale a 7 log (UFC/g) y para *Escherichia coli* O157:H7 es de 10^1 (UFC/g) lo que equivale a 2 log (UFC/g) como se comentó en la sección 1.5. Las soluciones de SES y NaClO obtuvieron un menor valor logaritmico con respecto a *Salmonella* Typhimurium, sin embargo, para *Escherichia coli* O157:H7 el valor obtenido fue mayor.

El estudio realizado por (Afari et al., 2015) demostró que al aplicar una solución SES con pH neutro (155 ppm) por inmersión durante 1 min en lechuga romana, la reducción bacteriana de *Salmonella* Typhimurium DT 104 y *E.coli* O157:H7 fue de 2.0 y 1.2 log (CFU/g) respectivamente. Chen & Hung (2018) verifico el poder bactericida de una solución de NaClO (100 ppm), donde obtuvo una reducción bacteriana de 2.17 log (CFU/g) con respecto a *Escherichia coli* O157:H7 al sumergir fresas durante 5 min en esta solución. La reducción bacteriana fue mayor debido a que el tiempo de exposición fue mayor. López-Gálvez et al (2010) evaluó el poder bactericida de una solución de NaClO (100 ppm) al tratar lechuga iceberg por inmersión durante 1 min obteniendo una reducción bacteriana de *E.coli* O157:H7 de 0.7 log (UFC/g).

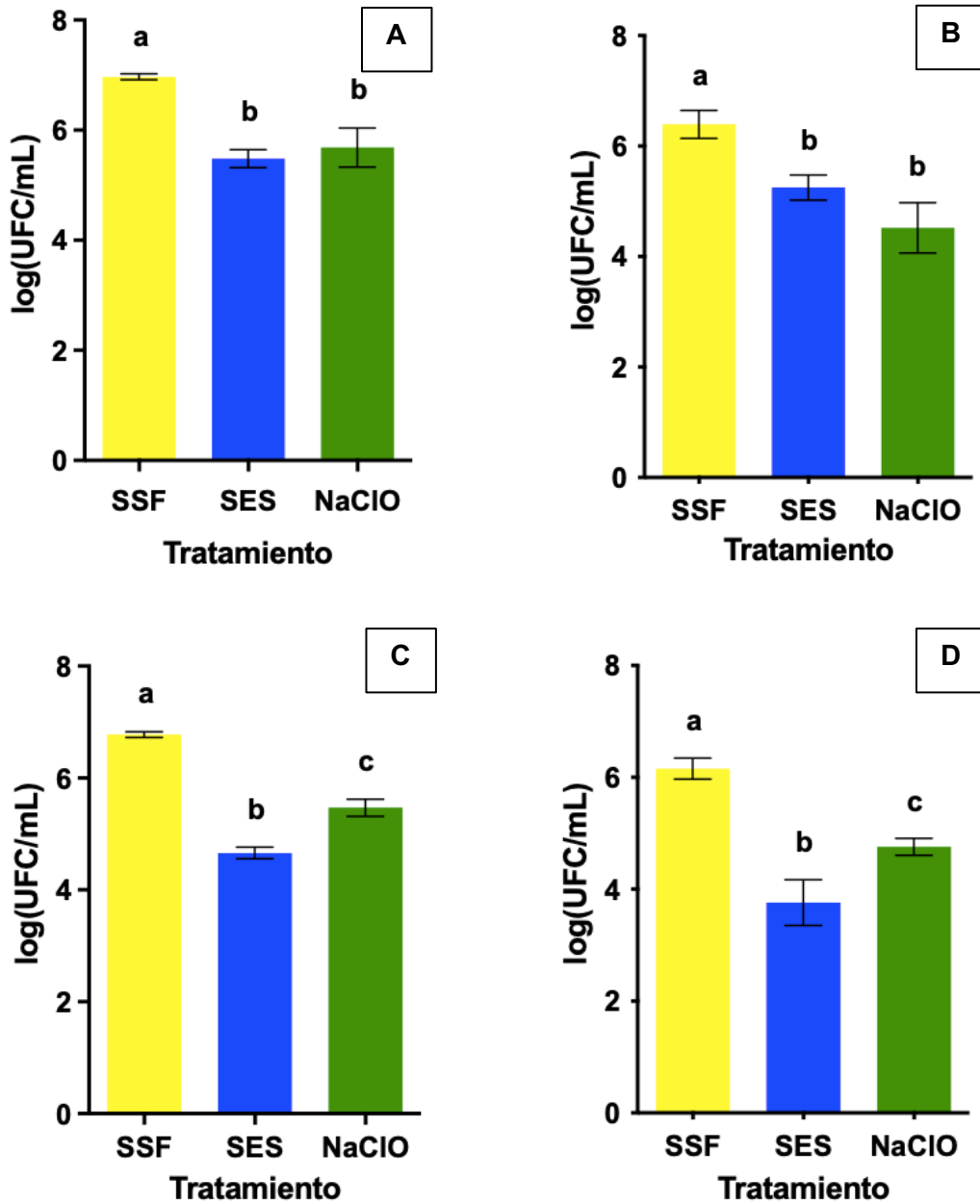


Figura 13. Reducción de cuentas bacterianas en fresa contaminada con: *Salmonella Typhimurium* tratada por aspersión (A); tratamiento por inmersión (B); *E. coli* O157:H7 tratada por aspersión (C) y tratamiento por inmersión (D). Letras diferentes indican una diferencia significativa con $*p < 0.05$. Los tratamientos por inmersión se realizaron durante 5 min

3.4. Pruebas fisicoquímicas de fresas tratadas

I. *Color*

La fresa es una fruta no climatérica y como resultado es cosechada cuando ha alcanzado los cambios fisicoquímicos que le permiten ser apta para el consumo humano (color, textura, desarrollo de sabores y aroma) (Dris & Jain, 2004). Después de ser cosechada el proceso de maduración no continua, a diferencia de las frutas climatéricas. Sin embargo, varios estudios revelan que el color rojo de la fresa puede cambiar durante su almacenamiento, aún después de su cosecha (Kim et al., 2013).

Debido a lo anterior se evaluó el cambio de color ya que es un parámetro de calidad sobre el cual el consumidor decide su compra. Se obtuvieron los parámetros de L^* , a^* y b^* que a continuación se describen y finalmente se obtuvo el cambio total de color.

Luminosidad (L^*)

El valor de L^* refleja la luminosidad valores que van desde 100 para blanco hasta 0 para negro. El valor de L^* tiende a disminuir durante el almacenamiento como consecuencia de la aparición de un color rojo oscuro (Nunes et al., 2005).

Las fresas tratadas con SSF mediante una aspersión tuvieron una disminución constante del valor de L^* . Las fresas tratadas con SES y NaClO por aspersión muestran un decremento en la luminosidad, sin embargo en los días tres y cuatro de almacenamiento a 6°C se observó un decremento mucho más marcado (**Figura 14 A**). La SES no afectó la luminosidad de las fresas durante su almacenamiento a 6°C, sin embargo las fresas tratadas con NaClO afectan el valor de luminosidad al momento de la aplicación del tratamiento ya que tuvieron un valor de luminosidad menor en comparación con las fresas tratadas con SSF en el día cero.

Las fresas tratadas con SES y NaClO por inmersión tuvieron una disminución en la luminosidad, la cual es normal y propia del mismo proceso de maduración que ocurre durante el almacenamiento (**Figura 14 B**). La SES y NaClO no afectan la

luminosidad de las fresas durante su almacenamiento a 6°C. Ménager et al (2004) observó los cambios fisicoquímicos en fresas durante su maduración, dividió las fresas de acuerdo con su coloración (blancas, rosas, 1/2 rojas, 3/4 rojas, completamente rojas y rojo oscuro) observó que el valor de L^* fue disminuyendo.

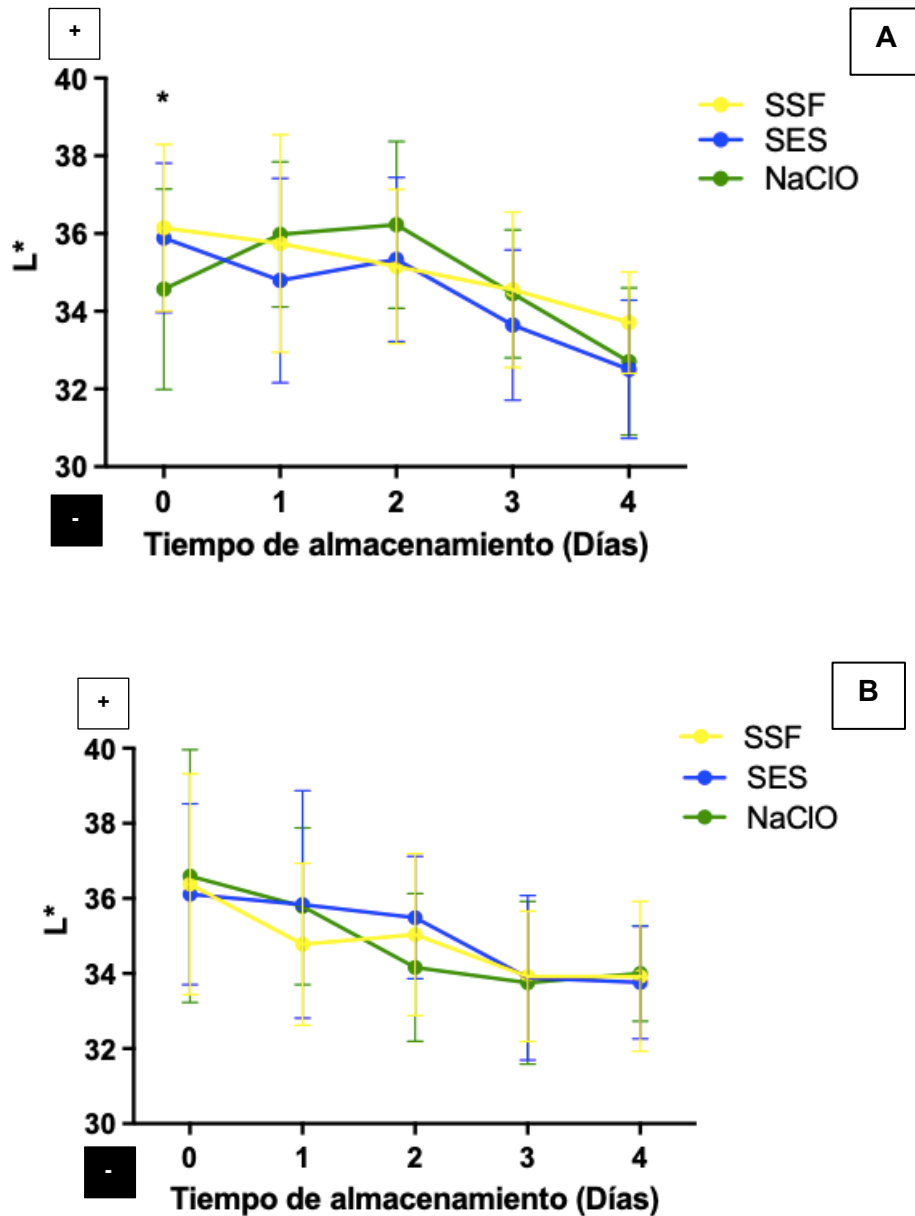


Figura 14. Cambio en la Luminosidad (L^*) al aplicar los tratamientos por aspersión (A) e inmersión (B). Se muestra la media de 20 repeticiones (* $p < 0.05$).

Parámetro de color a^*

El parámetro de color a^* refleja el cambio de verde (-) a rojo (+). El valor de a^* disminuye durante el almacenamiento debido a que las fresas maduras presentan una disminución en la síntesis de antocianinas o un incremento en la degradación de las antocianinas (Nunes et al., 2005). La intensidad del color rojo se ve afectada por cambios en la síntesis, degradación o modificaciones en el tipo de antocianinas por cambios en factores externos que afectan su metabolismo (Alvaro et al., 2021) Posterior a su cosecha, las fresas no presentan un aumento en la respiración ni producción de etileno debido a que son frutas no climatéricas, sin embargo, si hay cambios en la coloración y ablandamiento aún después de ser cosechadas (Martínez et al., 2017).

Al aplicar las soluciones por aspersión se observó que la SES afecta los valores de a^* en los días dos y cuatro, son significativamente menores a los obtenidos en las fresas tratadas con SSF. Mientras que la solución de NaClO afecta los valores de a^* en los días cero y cuatro de almacenamiento a 6°C (**Figura 15 A**). Las antocianinas son moléculas antioxidantes y son las responsables del pigmento rojo en la fresa, el 80% de las antocianinas presentes en las fresas son pelargonidina 3-glucósido y el 12% son cianidina 3-glucósido (Sharma et al., 2019). La estabilidad de las antocianinas depende del pH, temperatura, presencia de oxígeno y contenido de ácido ascórbico; las antocianinas son estables a valores de pH ácidos y a valores de pH alcalino el catión flavilo de color rojo se transforma en una chalcona la cual es incolora (Garzón, 2008). Lo anterior explicaría el comportamiento de las fresas tratadas con NaClO y SES en las cuales se ve afectado el valor de a^* , ya que estas soluciones tienen un pH de 9.8 y 6.8 respectivamente (**Tabla 2**).

La SES aplicada por inmersión afecta los valores de a^* en el día cero y cuatro de almacenamiento a 6°C. El NaClO afecta los valores de a^* en el día cero de almacenamiento a 6°C (**Figura 15 B**).

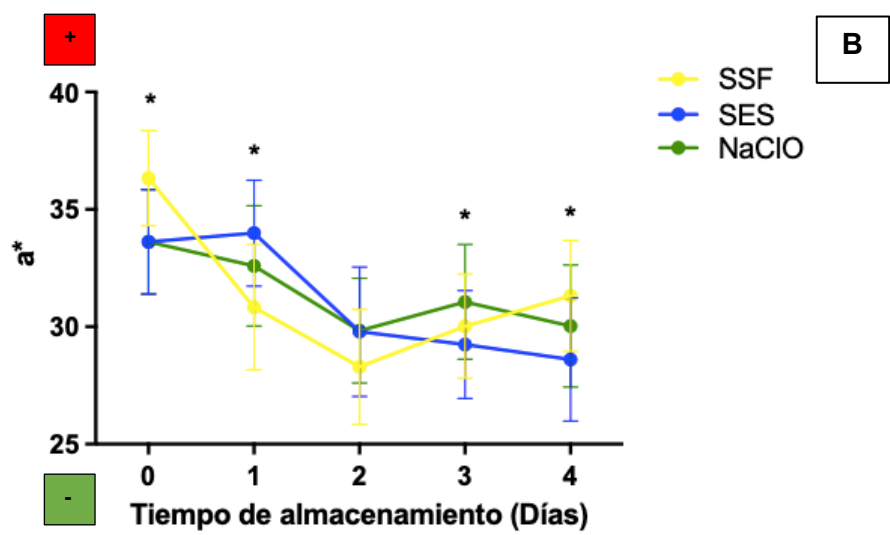
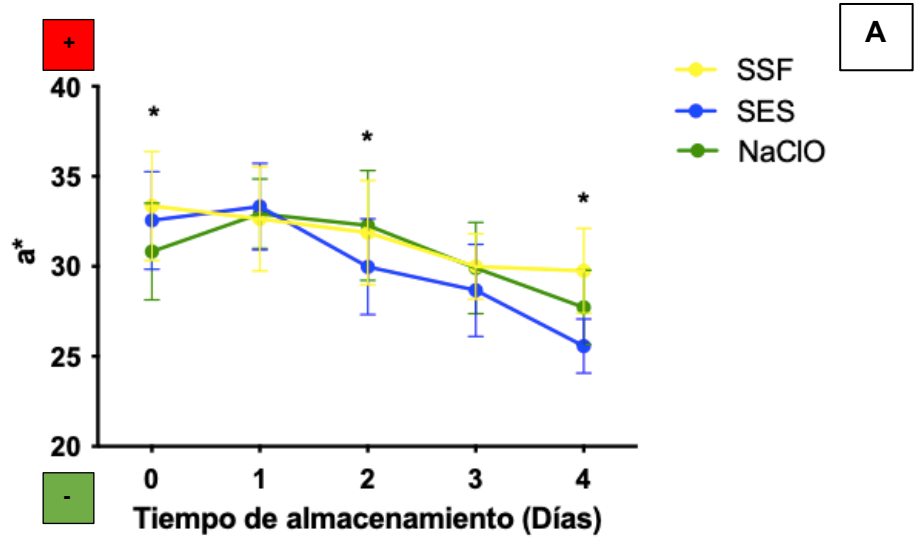


Figura 15. Cambio del parámetro de color a^* al aplicar los tratamientos por aspersión (A) e inmersión (B). Se muestra la media de 20 repeticiones ($*p < 0.05$).

Parámetro de color b^*

El parámetro de color b^* refleja el cambio de azul (-) a amarillo (+). En las fresas no maduras se puede observar una tonalidad blanco-amarillo y como resultado del proceso de maduración durante el almacenamiento, el fruto se torna rojo disminuyendo el valor de b^* (Janurianti et al., 2021).

La solución SES al ser aplicada por aspersion e inmersión no afecta el valor de b^* durante el almacenamiento de las fresas a 6°C. Cuando el NaClO es aplicado por aspersion afecta el valor de b^* en el día dos de almacenamiento, al ser aplicada por inmersión no afecta el valor de b^* (**Figura 16 A y Figura 16 B**). La diferencia significativa que existe en el día cero, entre las fresas tratadas por aspersion e inmersión con NaClO y SSF se debe a que las antocianinas no están distribuidas de manera uniforme en las fresas (Pelayo et al., 2003) por esta razón las fresas tratadas con NaClO contaban con una mayor área rojiza y menor área de color blanco-amarillo en la zona ecuatorial superior en la cual se llevó a cabo la medición dando como resultado un valor menor de b^* .

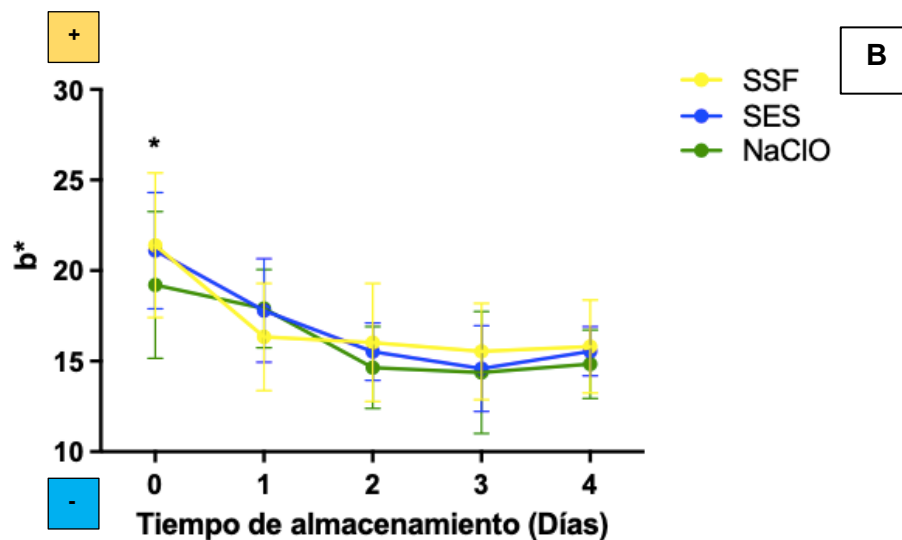
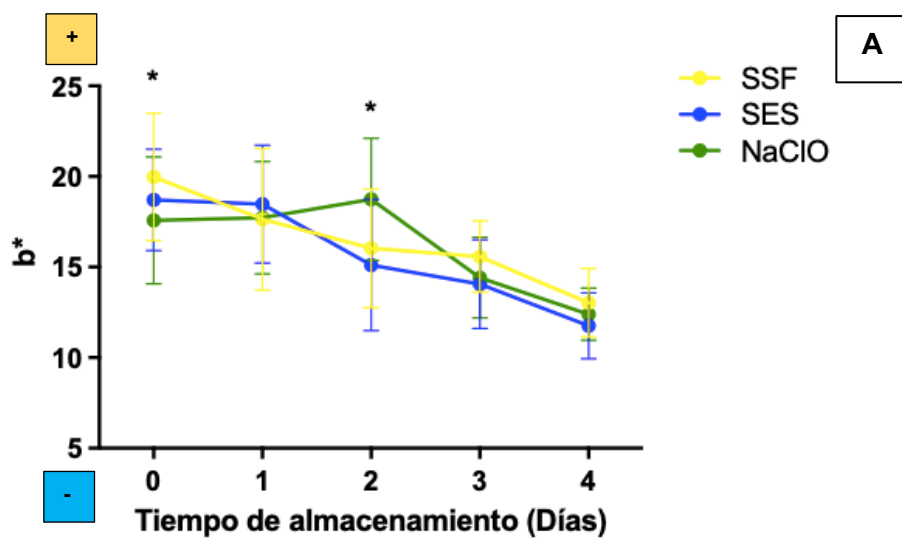


Figura 16. Cambio del parámetro de color b^* al aplicar los tratamientos por aspersión (A) e inmersión (B). Se muestra la media de 20 repeticiones (* $p < 0.05$).

Cambio total de color

Para obtener el cambio total de color se utilizaron los valores promedio del día 0 y se compararon con los valores promedio del día 4. Al aplicar las soluciones por aspersión, las fresas tratadas con SES mostraron tener un mayor cambio de color

con respecto a las fresas tratadas con NaClO y SSF, cuando las soluciones son aplicados por inmersión la SES tuvo un mayor cambio en comparación con el NaClO (**Tabla 4**). La SES es una solución oxidante, en la cual reside su poder bactericida. Al tratarse de una solución oxidante favorece una coloración oscura, dando como resultado un cambio total de color de 10.41 al ser aplicada por aspersion y 7.84 al ser aplicada por inmersión. El cambio total de color para NaClO fue menor al mostrado por SES, estos resultados concuerdan con los mostrados por Hung et al., (2010), donde el cambio total de color fue menor en fresas tratadas con NaOH a una concentración de 50 ppm y almacenadas a 4°C.

Estos resultados también se pueden deber a la inactivación de la enzima polifenol oxidasa (PPO) por parte del NaClO, la polifenoloxidasas ocasiona un pardeamiento enzimático en la fruta al tener contacto con el oxígeno. Rossi et al (2003) y Guiamba & Svanberg (2016) demostraron que la inactivación de la enzima PPO ocurre después de someter la fruta (moras azules y mango respectivamente) a un tratamiento con NaClO, lo que concuerda con los resultados observados en la **Tabla 4**.

Al hacer el análisis del espectro CIELab que intervienen en el cambio de coloración se identificó que la SES favorece la aparición prematura de un color rojo oscuro al ser aplicada por aspersion.

Tabla 4. Cambio total de color (ΔE)

	Aspersion	Inmersión
SSF	8.19	7.90
SES	10.41	7.84
NaClO	6.28	5.61

II. *Azúcares reductores*

Sólidos solubles (SS)

Están compuestos principalmente por azúcares, en el caso de la fresa, el 99% de estos azúcares son glucosa y fructosa (azúcares reductores) los cuales para esta determinación se miden como grados brix ($^{\circ}\text{Bx}$). Durante el proceso de maduración de la fruta, los sólidos solubles aumentan debido a la utilización de los ácidos orgánicos en la gluconeogénesis (Sinha et al., 2012) dando como resultado una disminución de ácido cítrico y un aumento de glucosa y fructosa. Se evaluó el contenido de sólidos solubles ya que son importantes indicadores de calidad y frescura, en el mercado se busca que la fruta tenga buenas características sensoriales como el sabor, el mercado se beneficia cuando la síntesis de sólidos solubles no es afectada. De acuerdo con del Olmo (2020) el contenido y la composición de azúcares después de la cosecha determinan la vida de anaquel, frescura y dulzor de la fresa.

Cuando la solución de NaClO es aplicada mediante una aspersion, se afecta la síntesis de azúcares reductores en el día 1, 2 y 3 de almacenamiento a 6°C (**Figura 17 A**). En comparación, la SES afecta esta síntesis en el día 3 de almacenamiento al ser aplicada por aspersion. Las soluciones NaClO y SES tienen un poder oxidante como se mencionó anteriormente, este poder oxidante podría estar afectando enzimas que participan en la síntesis de sólidos solubles como pared celular invertasa (CWINV), citoplasma invertasa (CIN) y vacuola invertasa (VIN) con sus respectivas siglas en inglés (Koch, 2004). La diferencia significativa entre SSF y SES; SSF y NaClO en el día 0 únicamente se debe a 0.13 unidades y en cuanto a las soluciones SSF y SES la diferencia en el día uno es de 0.1 unidades, por lo tanto, la síntesis de sólidos solubles no se ve afectada en esos días.

Existen diferencias significativas entre SSF y NaClO, así como entre SSF y SES en el día 4 del método por inmersión, ya que las fresas tratadas con NaClO y SES demostraron tener mayor cantidad de sólidos solubles (**Figura 17 B**). En el día 2 existe una diferencia significativa entre SSF y SES; SES y NaClO, debido a que la

SES demostró tener una mayor cantidad de sólidos solubles. Estos resultados muestran una ventaja con respecto a los atributos sensoriales de la fruta, debido a que contienen una mayor cantidad de azúcares. También se observa una desventaja, ya que al contener una mayor cantidad de azúcares, las fresas pueden ser contaminadas por microorganismos con mayor facilidad. La diferencia significativa entre SSF y SES; SSF y NaClO en el día 0 se debe a la heterogeneidad de las fresas.

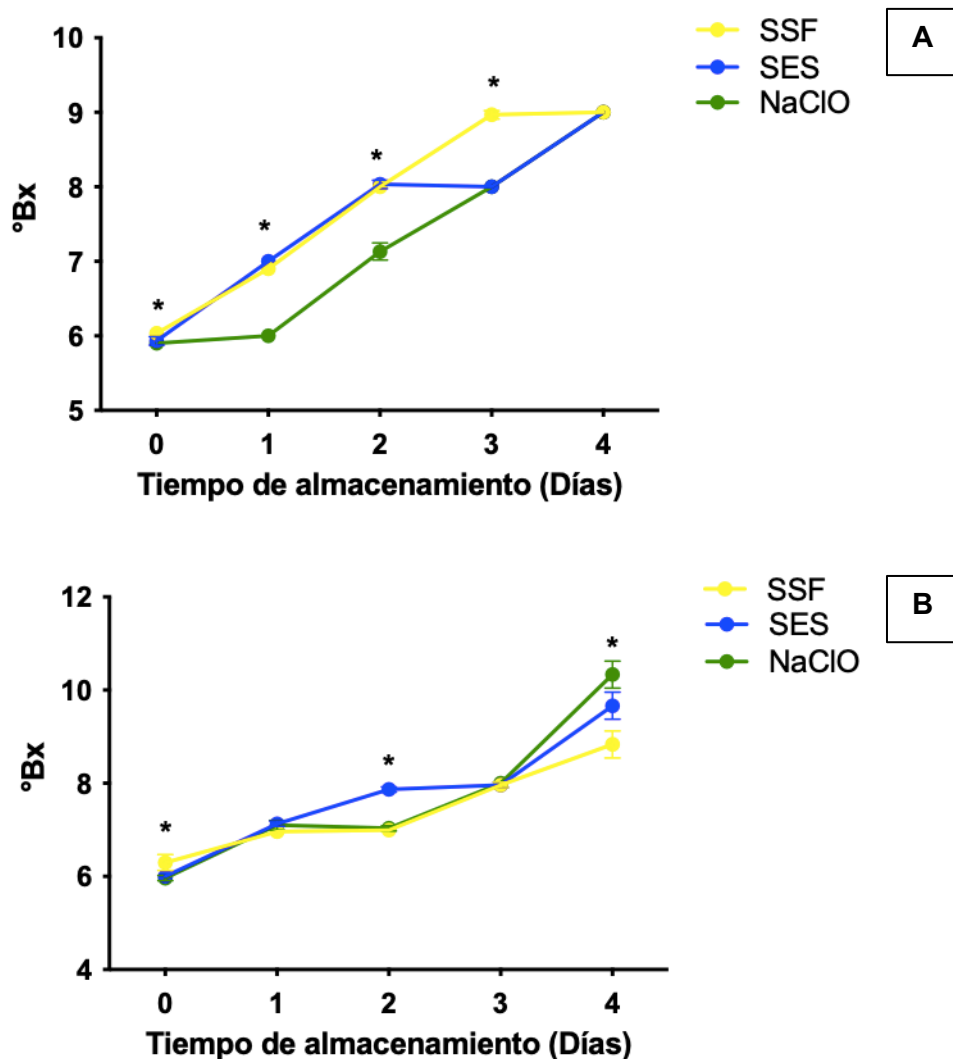


Figura 17. Sólidos solubles obtenidos al aplicar los tratamientos por aspersión (A) e inmersión (B). Se muestra la media de tres repeticiones por tratamiento (* $p < 0.05$)

Método de ácido dinitrosalicílico (DNS)

Los azúcares reductores presentes en la fresa son glucosa y fructosa, para tener un mejor conocimiento de la posible afectación en la concentración de estos azúcares por la aplicación de los tratamientos, se evaluó el porcentaje de azúcares reductores (g azúcares reductores/100g fresa). Comprobando de forma cuantitativa y cualitativa su variación durante el almacenamiento de las fresas tratadas y almacenadas a 6 °C.

En la **Figura 18** se observa un incremento de los azúcares reductores en todos los tratamientos, confirmando lo observado en la **Figura 17**. Como ya se mencionó en el apartado de sólidos solubles, los azúcares aumentan conforme pasa el tiempo de almacenamiento; además del Olmo et al., 2020 demostró que las fresas con una tonalidad rojo oscuro tienen concentraciones más altas de glucosa y fructosa, a diferencia de las fresas con 2/3 de color rojo o con una tonalidad rojo-cereza completa. Al día 0 las fresas presentaban una tonalidad rojo-cereza completa (**Figura 7**) y cambiaron a una tonalidad rojo oscuro durante su almacenamiento (**Figura 19** y **Figura 20**) lo cual va en conjunto con el aumento de azúcares reductores.

En cuanto al método de aspersion la SES no afectó la síntesis de azúcares reductores, sin embargo las fresas tratadas con NaClO vieron disminuida su síntesis en los días 1 y 2 de almacenamiento a 6°C (**Figura 18 A**).

Cuando la SES es aplicada por inmersión el contenido de azúcares reductores es mayor con respecto a las fresas tratadas con SSF en todos los días de almacenamiento a 6°C (**Figura 18 B**). La solución de NaClO al ser aplicada por inmersión demostró tener un mayor contenido de azúcares reductores en el día 1, 3 y 4 de almacenamiento con respecto a las fresas tratadas con SSF.

Los resultados mostraron un mayor porcentaje de azúcares reductores en la **Figura 18A** con respecto a SES y **18B** con respecto a SES y NaClO. Recordemos que la SES y el NaClO son soluciones oxidantes por lo tanto no favorecen la síntesis de azúcares reductores. Este aumento en el porcentaje de azúcares reductores se

puede deber a un falso positivo, las fresas tienen una tonalidad rojiza, está tonalidad pudo interferir en la coloración rojiza-naranja de la reacción oxido-reducción que se lleva a cabo en el método de DNS, influyendo en las lecturas del espectrofotómetro.

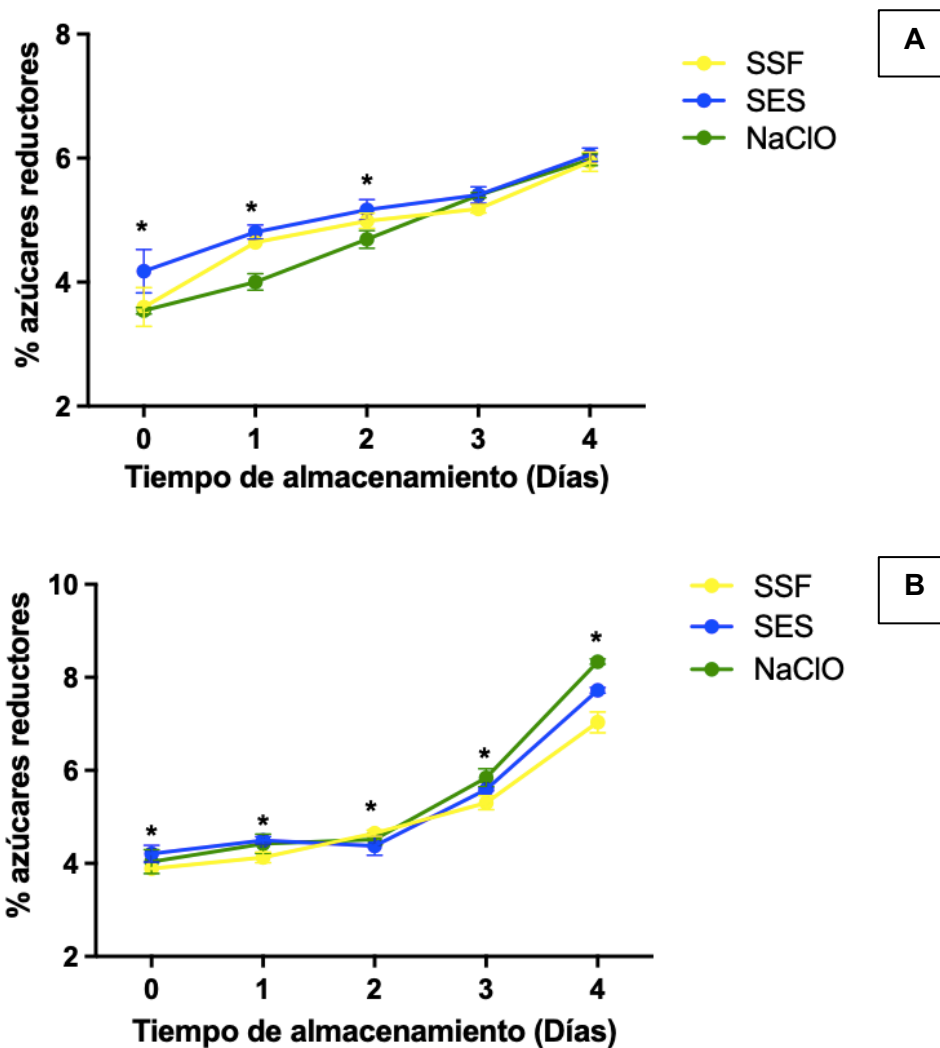


Figura 18. Azúcares reductores obtenidos al aplicar los tratamientos por aspersión (A) e inmersión (B). Se muestra la media de seis repeticiones por tratamiento (* $p < 0.05$)



Figura 19. Se muestran fotografías de las fresas tratadas por aspersión. **1)**Día 1 tratamiento con SSF. **2)** Día 1 tratamiento con NaClO. **3)** Día 1 tratamiento con SES. **4)** Día 4 tratamiento con SSF. **5)** Día 4 tratamiento con NaClO. **6)** Día 4 tratamiento con SES.



Figura 20. Se muestran fotografías de las fresas tratadas por inmersión. **1)** Día 1 tratamiento con SSF. **2)** Día 1 tratamiento con NaClO. **3)** Día 1 tratamiento con SES. **4)** Día 4 tratamiento con SSF. **5)** Día 4 tratamiento con NaClO. **6)** Día 4 tratamiento con SES.

III. *Acidez titulable*

Durante la maduración, los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos transformándose en azúcares y como consecuencia ocurre una disminución del porcentaje de ácido cítrico y un aumento del valor de pH (Janurianti et al., 2021). Al observar la **Figura 21** se muestra una disminución del porcentaje de ácido cítrico expresado como porcentaje de acidez.

De acuerdo con (Sharma et al., 2019). el porcentaje de acidez de una fresa debe estar dentro del intervalo de 0.47-1.28%, ambos métodos de aplicación de las soluciones obtuvieron resultados que se encuentran dentro de este intervalo.

Cuando la solución SES es aplicada por aspersion se observa que el contenido de ácido cítrico es menor en comparación con las otras dos soluciones (**Figura 21 A**), dando como resultado diferencias significativas con respecto a SSF y NaClO lo anterior se debe a que las fresas tratadas con SES tienen un mayor porcentaje de azúcares reductores (**Figura 18 A**) y como ya se mencionó estos parámetros son inversamente proporcionales. Así mismo las fresas tratadas con NaClO tienen una mayor concentración de ácido cítrico y un menor contenido de azúcares reductores.

Al aplicar la SES mediante una inmersión la cantidad de ácido cítrico es significativamente mayor en comparación a las fresas tratadas con SSF en los días 0, 2, 3 y 4; lo mismo pasa al comparar las fresas tratadas con SES y NaClO en los días 0, 3 y 4 (**Figura 21 B**). Al tratar durante 1 min espinaca baby con sanitizantes a base de cloro (NaClO 3.8 ppm y SES con pH neutro 1.9 ppm), la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) disminuyó durante su almacenamiento a 4°C debido a la capacidad oxidativa de estos sanitizantes, de igual forma en este trabajo de Gómez et al (2013) se observó una mayor disminución en el tratamiento con NaClO.

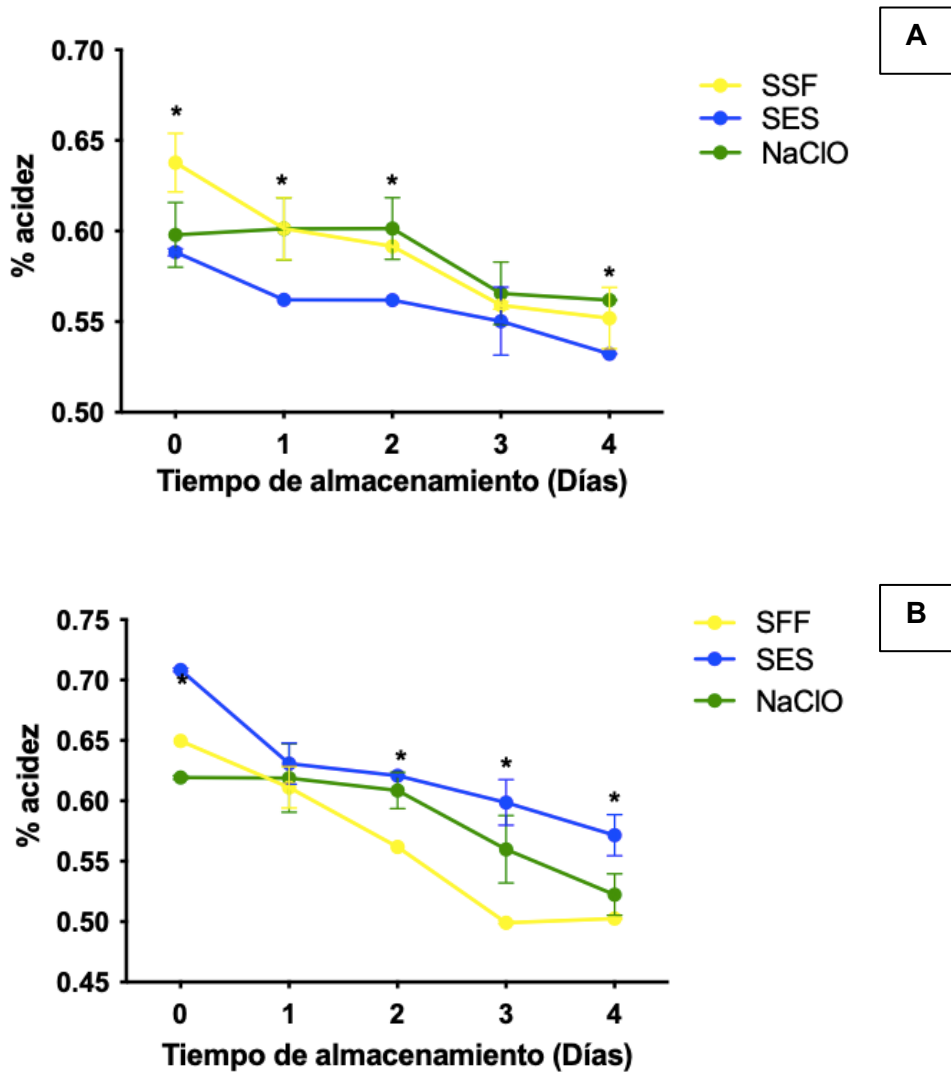


Figura 21. Acidez obtenida al aplicar los tratamientos por aspersion (A) e inmersión (B). Se muestra la media de tres repeticiones por tratamiento (* $p < 0.05$)

IV. pH

Las frutas denominados frutos rojos presentan un pH ácido (3.2 a 4.2), en estas condiciones el crecimiento de bacterias patógenas disminuye, con excepción de *Salmonella spp.* y *E.coli O157:H7* ya que sobreviven en condiciones ácidas (Zhou et al., 2017). La tolerancia que tienen las enterobacterias a medios ácidos ha sido investigada y de acuerdo a Ryu & Beuchat (1998) se puede deber a dos razones, una adaptación de las células al exponerlas gradualmente a un medio cada vez más ácido y al exponerlas abruptamente a un pH ácido. Las bacterias

adquieren la capacidad de mantener la homeostasis del pH intracelular al modificar la permeabilidad de la membrana, mediante la expulsión del ácido disociado por medio de bombas de Na⁺ y K⁺ (Mani et al., 2012).

Las propiedades sensoriales, especialmente las que están relacionadas con el sabor, son esenciales en el mercado de alimentos; un sabor no placentero afecta la aceptabilidad que tiene el consumidor hacia este producto (Tomadoni et al., 2018).

El valor de pH incrementa debido a la disminución en la concentración de ácido cítrico. Al observar la **Figura 22** se ve esta tendencia en el aumento del valor de pH conforme pasa el tiempo de almacenamiento a 6°C.

Cuando la SES es aplicada por aspersión el valor de pH es mayor en comparación con la SSF en los días 2, 3 y 4 de almacenamiento (**Figura 22 A**). Las fresas tratadas con NaClO muestran un pH significativamente menor con respecto a las fresas tratadas con SES y SSF en los días 0, 1 y 2; en el día 4 las fresas tratadas con NaClO tuvieron un valor más alto. Al observar la **Figura 22 A** y **Figura 21 A** las fresas tratadas con SES muestran valores de pH mayores y una cantidad de ácido cítrico menor a los observados con SSF y NaClO, debido a que la SES no afecta la síntesis de azúcares reductores (**Figura 18 A**). El NaClO muestra valores de pH más bajos y como resultado valores de acidez más altos en comparación con las fresas tratadas con SES y SSF.

Al aplicar la SES por inmersión el valor de pH de las fresas tratadas disminuyó en los días 1, 2, 3 y 4 en comparación con SSF y NaClO (**Figura 22 B**). La solución de NaClO mostró tener un pH menor en los días 2 y 3 con respecto a SSF. De forma general la SES muestra valores de pH menores y como resultado valores de acidez mayores en comparación a la SSF y NaClO. El NaClO muestra valores de pH menores que SSF pero mayores que SES, por lo tanto muestra

valores de acidez menores que SES pero mayores que SSF. (Figura 22 B y Figura 21 B)

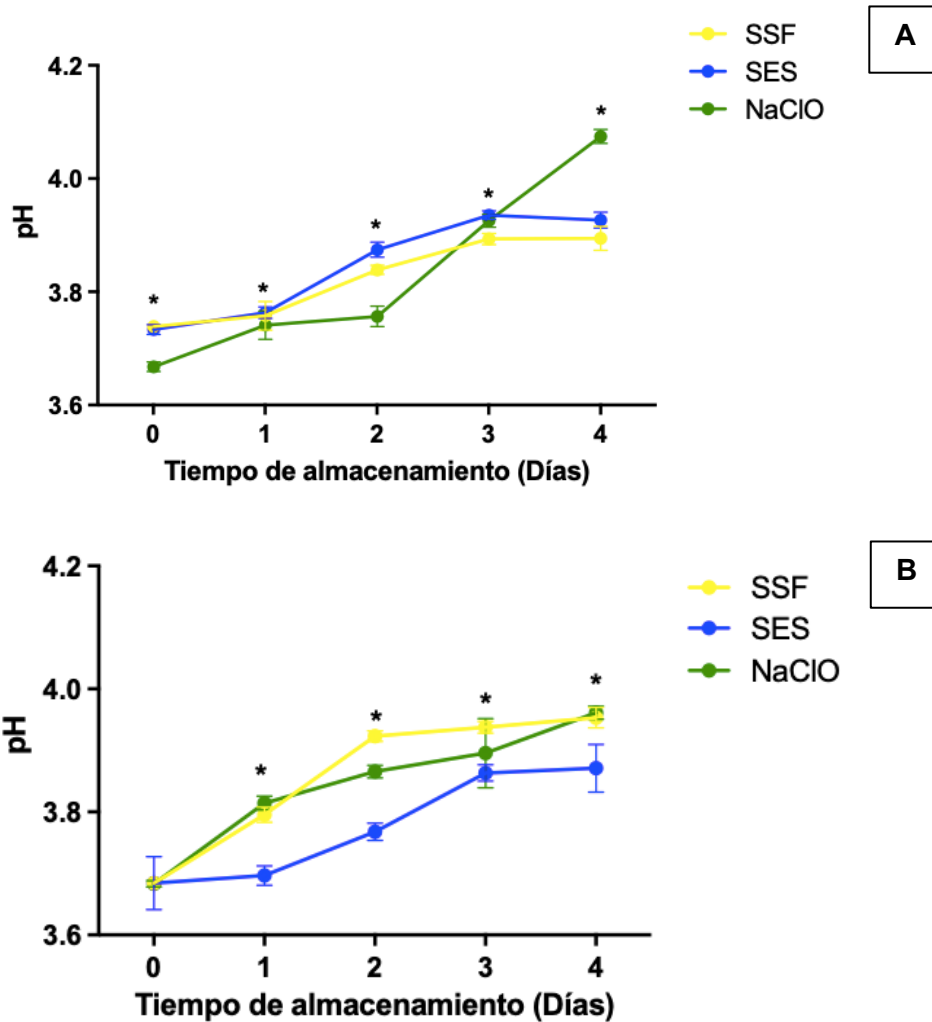


Figura 22. Valores de pH obtenidos al aplicar los tratamientos por aspersión (A) e inmersión (B). Se muestra la media de tres repeticiones por tratamiento (* $p < 0.05$)

3.5. Análisis de efecto residual

Se evaluó el análisis de residuos para determinar si las soluciones empleadas a esas concentraciones tienen actividad residual tanto en las fresas como en el agua de lavado.

Las fresas tratadas con SES a una concentración de 63 ppm y las fresas tratadas con NaClO a una concentración de 100 ppm no mostraron tener residuos de cloro. El cloro pierde su actividad bactericida al reaccionar con materia orgánica, disminuyendo su concentración (Shen et al., 2013), al tratarse de una matriz alimentaria está constituida por proteínas y carbohidratos. De acuerdo con Giampieri (2012) la fresa posee 7.68 g de carbohidratos y 0.67 g de proteína por cada 100 g fresa, esto justifica la falta de residuos de cloro en la fresa ya que el cloro reacciona completamente con la materia orgánica.

El manual de métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA., et al 1992) menciona que la sensibilidad para el método yodométrico es de 1mg/L (1ppm), muestras que contengan una concentración menor a la mencionada no se podrá cuantificar mediante este método.

En el agua de lavado obtenida a partir de las fresas tratadas con SES no se obtuvieron residuos de cloro, sin embargo el agua de lavado de las fresas tratadas con NaClO tuvo un remanente de 61 ppm de cloro (**Tabla 5**).

La solución SES no deja residuos de cloro en la fresa ni en el agua de lavado, o posiblemente la concentración está por debajo del límite de detección del método empleado. El NaClO no mostró un remanente de cloro en la fresa, pero sí en el agua de lavado.

Tabla 5. Concentración de cloro libre residual en fresas y en agua de lavado.

Tratamiento	Residuos de Cl ₂ (ppm)	
	Fresas	Agua de lavado
SSF	ND	ND
SES (63 ppm)	ND	ND
NaClO (100 ppm)	ND	61± 1.80

ND= no detectable

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

La Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro y el hipoclorito de sodio demostraron ser soluciones con una actividad bactericida efectiva en fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 al ser aplicadas mediante aspersion o inmersión.

La Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro y la solución de NaOH demostraron tener menos efectos sobre las propiedades fisicoquímicas de la fresa al ser aplicadas por inmersión.

La Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro no deja residuos de cloro libre en la fresa ni en el agua de lavado. La solución de NaClO deja residuos de cloro libre en el agua de lavado, pero no en la fresa.

Sin embargo, en cuestión de inocuidad se recomienda el uso de la SES con pH neutro debido a que es más segura para el personal operativo ya que no produce compuestos tóxicos, no genera resistencia bacteriana y tiene un menor impacto sobre la calidad de los alimentos. El sabor y olor del NaClO es inaceptable para algunos, su uso puede ser preligroso si no se emplea de forma correcta, su caducidad es corta debido a que se degrada con el tiempo, genera una mayor cantidad de compuestos carcinogénicos y puede no ser efectivo contra parásitos. Ambas soluciones (SES con pH neutro y NaClO) pierden su poder bactericida al entrar en contacto con materia orgánica y son equiparables económicamente en comparación con otros desinfectantes (Wasim, M., 2018).

REFERENCIAS

- Aarnisalo, K., Salo, S., Miettinen, H., Suihko, M. L., Wirtanen, G., Autio, T., Lundén, J., Korkeala, H., & Sjöberg, A. M. (2000). Bactericidal efficiencies of commercial disinfectants against *Listeria monocytogenes* on surfaces. *Journal of Food Safety*, 20(4), 237–250. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2000.tb00302.x>
- Abadias, M., Usall, J., Oliveira, M., Alegre, I., & Viñas, I. (2008). Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. *International Journal of Food Microbiology*, 123(1–2), 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.008>
- Afari, G. K., Hung, Y. C., & King, C. H. (2015). Efficacy of Neutral pH Electrolyzed Water in Reducing *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella Typhimurium* DT 104 on Fresh Produce Items using an Automated Washer at Simulated Food Service Conditions. *Journal of Food Science*, 80(8), M1815–M1822. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12936>
- Amiri, A., Mohammad, S., Mortazavi, H., Sourestani, M. M., & Mottaghipisheh, J. (2022). Assessment of physico-chemical characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch cv Camarosa) during fruit growth and development stages using principal component analysis. *Journal of horticulture and postharvest research*, 2022(3), 285–296. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2022.4713.1240>
- Ampiauw, R. E., Yaqub, M., & Lee, W. (2021). Electrolyzed water as a disinfectant: A systematic review of factors affecting the production and efficiency of hypochlorous acid. In *Journal of Water Process Engineering*, (43). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102228>
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemistries, Virginia
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (17 edition). Diaz de Santos, S.A.
- Ávila, A., & González, D. J. (2012). La competitividad de las fresas (*Fragaria spp.*) mexicanas en el mercado nacional, regional y de Estados Unidos. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 9(1). [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722012000100002 [Último acceso el 2 de Mayo del 2023].
- Barreto, M., Castillo-Ruiz, M. y Retamal, P. (2016). *Salmonella Enterica*: una revisión de la trilogía agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile. *Revista Chilena de Infectología*, 33(5), 547-557.
- Bialka, K. L., Demirci, A., Knabel, S. J., Patterson, P. H., & Puri, V. M. (2004). Efficacy of Electrolyzed Oxidizing Water for the Microbial Safety and Quality of Eggs. *Processing and products*, 83, 2071-2078.
- Boston Public Health Commission (BPHC). (2019). *E.coli*. [En línea]. (Actualizado al 2019). Disponible en: <https://bphc.org/whatwedo/infectious-diseases/Infectious-Diseases-A-to-Z/Documents/Fact%20Sheet%20Languages/E.coli/Spanish.pdf> [Último acceso 15 de Junio del 2022].
- Brooks, J. & Heard, J. (2011). *E.coli* O157 in North America. [En línea]. (Actualizado al 15 de Abril del 2011). Disponible en: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/E._coli_O157_in_North_America. [Último acceso el 15 de Junio del 2022].
- Buck, J. W., Van Iersel, M. W., Oetting, R. D., & Hung, Y.-C. (2003). Evaluation of acidic electrolyzed water for phytotoxic symptoms on foliage and flowers of bedding plants. *In Crop Protection*, 22, 73-77. PII: S0261-2194(02)00113-8

- Bustamante, T.I., Vargas, J.M., Díaz, F., & Rosas, R. (2020). Especialización y competitividad en el sector agrícola mexicano: caso fresa. *Agro Productividad*, 13(8). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1697>
- Alvarado, Y.A., Mendoza, R., Sandoval, A., Vega, J.L. & Franco, I. (2021). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos obtenidos en dos sistemas de cultivo. *Revista Internacional de investigación e innovación tecnológica*, 8(43).
- Casierra, F., Peña, J.E., & Vargas, A.F. (2011). Propiedades Fisicoquímicas de Fresas (*Fragaria sp*) Cultivadas Bajo Filtros Fotoselectivos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(2), 6221-6228
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2022). La seguridad de las frutas y verduras. [En línea]. (Actualizado al 2022). Disponible en: <https://www.cdc.gov/foodsafety/es/communication/steps-healthy-fruits-veggies.html> [Último acceso el 8 de Junio del 2022].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2023). Surveillance for Foodborne Disease Outbreak United States: Annual Report. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: https://www.cdc.gov/fdoss/pdf/2017_FoodBorneOutbreaks_508.pdf [Último acceso el 10 de Octubre del 2023].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2022). *E.coli* Outbreak Linked to Baby Spinach. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.cdc.gov/ecoli/2021/o157h7-11-21/index.html> [Último acceso el 15 de Marzo del 2023].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2020). Outbreak of *E.coli* infections Linked to Leafy Greens. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.cdc.gov/ecoli/2020/o157h7-10-20b/index.html> [Último acceso el 15 de Marzo del 2023].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2020). Outbreak of *E.coli* infections Linked to Romaine Lettuce. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.cdc.gov/ecoli/2019/o157h7-11-19/index.html> [Último acceso el 15 de Marzo del 2023].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2020). Outbreak of *Salmonella Enteritidis* Infections Linked to Peaches. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/enteritidis-08-20/index.html> [Último acceso el 15 de Marzo del 2023].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2022). *Salmonella* Outbreak Linked to Onions. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/oranienburg-09-21/index.html> [Último acceso el 15 de Marzo del 2023].
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). (2019). Outbreak of *Salmonella* Infections Linked to Cavi Brand Whole, Fresh Papayas. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.cdc.gov/salmonella/uganda-06-19/index.html> [Último acceso el 15 de Marzo del 2023].
- Chen, X., & Hung, Y. C. (2018). Development of a Chlorine Dosing Strategy for Fresh Produce Washing Process to Maintain Microbial Food Safety and Minimize Residual Chlorine. *Journal of Food Science*, 83(6), 1701–1706. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14189>
- Chibombi, E., Moreira, R.G, Castell-Perez, E.M., Puerta-Gomez, A.F. (2013). Assessing accumulation (growth and internal movility) of *Salmonella Typhimurium* LT2 in fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo L.*) for optimization of decontamination strategies. *Food Control*, 32, 574-581. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.042>

- Conti, S., Villari, G., Faugno, S., Melchionna, G., Somma, S., & Caruso, G. (2014). Effects of organic vs. conventional farming system on yield and quality of strawberry grown as an annual or biennial crop in southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 180, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.015>
- Cui, X., Shang, Y., Shi, Z., Xin, H., & Cao, W. (2009). Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions. *Journal of Food Engineering*, 91(4), 582–586. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.006>
- Da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2008). Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch). *Food Chemistry*, 107(4), 1629–1635. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.038>
- Del Olmo, I., Blanch, M., Romero, I., Vazquez-Hernandez, M., Sanchez-Ballesta, M. T., Escribano, M. I., & Merodio, C. (2020). Involvement of oligosaccharides and sucrose-related genes on sucrose retention in strawberries from ripening to shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111301>
- Delaquis, P. J., Fukumoto, L. R., Toivonen, P. M. A., & Cliff, M. A. (2004). Implications of wash water chlorination and temperature for the microbiological and sensory properties of fresh-cut iceberg lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 31(1), 81–91. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(03\)00134-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00134-0)
- Deza, M. A., Araujo, M., & Garrido, M. J. (2003). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes by neutral electrolyzed water. *Letters in Applied Microbiology*, 37(6), 482–487. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2003.01433.x>
- Dris, R. & Jain, S.M. (2004). Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. Volume 3 Quality Handling and Evaluation. KLUWER Academic Publishers.
- Durán, H. (2010). Soluciones de superoxidación y su evolución tecnológica. *Dolor Foro Nacional de investigación y Clínica Médica*, 7(3), 4-8.
- Tucan, E.U. (1993). Effect of Cold Temperature on Germicidal Efficacy of Quaternary Ammonium Compound, Iodophor, and Chlorine on *Listeria*. *Journal of Food Protection*, 56(12), 1029-1033.
- Martínez, M.E., Balois, R., Alia, I., Cortes, M.A., Palomino, Y.A., & López, G.G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 4075-4087
- Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). (2023). Cultivos y productos de ganadería. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#compare> [Último acceso el 10 de Octubre del 2023].
- Estrela, C., Estrela, C. R. A., Barbin, E.L., Spanó, J. C.E., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *13* (2), 113–117.
- Food and Drugs Administration (FDA). (2012). *Bad Bug Book-Food Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*. (2a ed).
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión, *13*(3), 27-36.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *In Nutrition*, 28(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- Gómez, R., Villarreal, T., Vázquez, A., Arteaga, R.I., & Osuna, J.A. (2017). Actividad esporicida de la solución electrolizada con pH neutro en hongos de importancia poscosecha. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 3993-4007.

- Gómez-López, V. M., Marín, A., Medina-Martínez, M. S., Gil, M. I., & Allende, A. (2013). Generation of trihalomethanes with chlorine-based sanitizers and impact on microbial, nutritional and sensory quality of baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.05.012>
- Gómez-López, V. M., Ragaert, P., Ryckeboer, J., Jeyachandran, V., Debevere, J., & Devlieghere, F. (2007). Shelf-life of minimally processed cabbage treated with neutral electrolyzed oxidizing water and stored under equilibrium modified atmosphere. *International Journal of Food Microbiology*, 117(1), 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.02.016>
- Graça, A., Abadias, M., Salazar, M., & Nunes, C. (2011). The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples. *Postharvest Biology and Technology*, 61(2–3), 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.04.001>
- Graça, A., Santo, D., Pires-Cabral, P., & Quintas, C. (2020). The effect of UV-C and electrolyzed water on yeasts on fresh-cut apple at 4 °C. *Journal of Food Engineering*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110034>
- Guentzel, J. L., Callan, M. A., Liang Lam, K., Emmons, S. A., & Dunham, V. L. (2011). Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants. *Crop Protection*, 30(10), 1274–1279. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.05.021>
- Guentzel, J. L., Liang Lam, K., Callan, M. A., Emmons, S. A., & Dunham, V. L. (2008). Reduction of bacteria on spinach, lettuce, and surfaces in food service areas using neutral electrolyzed oxidizing water. *Food Microbiology*, 25(1), 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.08.003>
- Guiamba, I. R. F., & Svanberg, U. (2016). Effects of blanching, acidification, or addition of EDTA on vitamin C and β -carotene stability during mango purée preparation. *Food Science and Nutrition*, 4(5), 706–715. <https://doi.org/10.1002/fsn3.335>
- Han, D., Hung, Y. C., & Wang, L. (2018). Evaluation of the antimicrobial efficacy of neutral electrolyzed water on pork products and the formation of viable but nonculturable (VBNC) pathogens. *Food Microbiology*, 73, 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.023>
- Hao, J., Li, H., Wan, Y., & Liu, H. (2015). Combined effect of acidic electrolyzed water (AcEW) and alkaline electrolyzed water (AIEW) on the microbial reduction of fresh-cut cilantro. *Food Control*, 50, 699–704.
- Hernández, M. (2016). Microbiología de los Alimentos, Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud. Médica Panamericana, S.A. de C.V. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.027>
- Ho, N.K., Henry, A.C., Johnson-Henry, K., & Sherman, P.M. (2013). Pathogenicity, host responses and implications for management of enterohemorrhagic Escherichia coli O157:H7 infection. *Canadian Journal of Gastroenterology*, 27(5), 281–285. <https://doi.org/10.1155/2013/138673>
- Hung, Y. C., Tilly, P., & Kim, C. (2010). Efficacy of electrolyzed oxidizing (eo) water and chlorinated water for inactivation of escherichia coli o157:h7 on strawberries and broccoli. *Journal of Food Quality*, 33(5), 559–577. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00344.x>
- AL-HAQ, M.I., Sugiyama, J., & Isobe, S. (2005). Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries, *Food Science Technology Research*, 11(2), 135-150.
- Iturbe, F.A., Sandoval, J. (s,f). Análisis de Alimentos. Fundamentos y Técnicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química.
- Janurianti, N. M. D., I Made Supartha Utama, & Ida Bagus Wayan Gunam. (2021). Colour and Quality of Strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.) at Different Levels of

- Maturity. *Sustainable Environment Agricultural Science*, 5(1), 22–28. <https://doi.org/10.22225/seas.5.1.3166.22-28>
- Khazandi, M., Deo, P., Ferro, S., Venter, H., Pi, H., Crabb, S., Amorico, T., Ogunniyi, A. D., & Trott, D. J. (2017). Efficacy evaluation of a new water sanitizer for increasing the shelf life of Southern Australian King George Whiting and Tasmanian Atlantic Salmon fillets. *Food Microbiology*, 68, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.06.008>
- Kim, S. K., Bae, R. N., Na, H., Ko, K. D., & Chun, C. (2013). Changes in physicochemical characteristics during fruit development in June-bearing strawberry cultivars. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 54(1), 44–51. <https://doi.org/10.1007/s13580-013-0166-z>
- Koch, K. (2004). Sucrose metabolism: Regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. In *Current Opinion in Plant Biology*, 7(3), 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.03.014>
- Kopper, G., Calderón, G., Schneider, S., Domínguez W., & Gutiérrez G. (2009). *Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico: estudios de caso en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua*. Informe Técnico sobre Ingeniería Agrícola y Alimentaria, FAO.
- Len, S.V., Hung, Y.C., Erickson, M., & Kim, C. (2000). Ultraviolet Spectrophotometric Characterization and Bactericidal Properties of Electrolyzed Oxidizing Water as Influenced by Amperage and pH. In *Journal of Food Protection*, 63(11), 1534-1537. http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/63/11/1534/1672828/0362-028x-63_11_1534.pdf
- López, F., Gil, M. I., Truchado, P., Selma, M. V., & Allende, A. (2010). Cross-contamination of fresh-cut lettuce after a short-term exposure during pre-washing cannot be controlled after subsequent washing with chlorine dioxide or sodium hypochlorite. *Food Microbiology*, 27(2), 199–204. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.09.009>
- Mani, E., García, H.S., López, A. (2012). Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. *Food Research International*, 45, 713-721. <https://doi:10.1016/j.foodres.2011.04.043>
- Ménager, I., Jost, M., & Aubert, C. (2004). Changes in Physicochemical Characteristics and Volatile Constituents of Strawberry (Cv. Cigaline) during Maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(5), 1248–1254. <https://doi.org/10.1021/jf0350919>
- Nicolau-Lapeña, I., Abadias, M., Bobo, G., Aguiló-Aguayo, I., Lafarga, T., & Viñas, I. (2019). Strawberry sanitization by peracetic acid washing and its effect on fruit quality. *Food Microbiology*, 83, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.05.004>
- Nunes, M.C., Jeffrey, K.B., Morais, A. M.M.B, & Sargent, S. A. (2005). Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 180-190. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2314>
- Nielsen, S. (1998). *Food Analysis*. Segunda edición. Maryland: Aspen Publication.
- Norma Mexicana NMX-AA-100-1987. Calidad del agua. Determinación de cloro total. Método iodométrico.
- Norma Mexicana NMX-BB-040-SCFI-1999. Métodos generales de análisis. Determinación de la actividad antimicrobiana en productos germicidas.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-F-317-S-1978. Determinación de pH en Alimentos. [En línea]. (Actualizado a 1978). Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978 [Último acceso 27 de Marzo del 2022].
- Ogunniyi, A. D., Dandie, C. E., Brunetti, G., Drigo, B., Aleer, S., Hall, B., Ferro, S., Deo, P., Venter, H., Myers, B., Donner, E., & Lombi, E. (2021). Neutral electrolyzed oxidizing

water is effective for pre-harvest decontamination of fresh produce. *Food Microbiology*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103610>


- Orejel, J. C., & Cano, J. A. (2020). Applications of electrolyzed water as a sanitizer in the food and animal-by products industry. *Processes*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/PR8050534>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021). Frutas y verduras esenciales en tu dieta. [En línea]. (Actualizado al 2021). Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb2395es/cb2395es.pdf> [Último acceso el 9 de Junio del 2022).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2022. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. [En línea]. (Actualizado al 2022). Disponible en: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/> [Último acceso el 10 de Junio del 2022).
- Ortiz-Solà, J., Abadias, M., Colás-Medà, P., Sánchez, G., Bobo, G., & Viñas, I. (2020). Evaluation of a sanitizing washing step with different chemical disinfectants for the strawberry processing industry. *International Journal of Food Microbiology*, 334. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108810>
- Piqueras, M. (2016). Actualización en higiene alimentaria, manipulación, toxiinfecciones alimentarias y etiquetado de alimentos. *Medicina*. 1-50. <http://dx.doi.org/10.17993/Med.2016.25>
- Pelayo, C., Ebeler, S.E., Kader, A.A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air + 20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*. 27, 171-183.
- Rahman, S., Khan, I., & Oh, D. H. (2016). Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 471–490. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12200>
- Rahman, S. M. E., Ding, T., & Oh, D. H. (2010). Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 139(3), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.03.020>
- Rivera, A. (2016). Evaluación de la Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro en huevo para plato y huevo embrionado contaminados con *Lysteria monocytogenes*. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Rodríguez, H.E. (2018). Evaluación del efecto conservador de la solución electrolizada de superoxidación (SES) con pH neutro en pechuga de pollo almacenada en refrigeración. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Rojas, C. A. (2019). La solución salina fisiológica y su alta concentración de cloruro. *Ciencia e Investigación*, 22(1), 27-30.
- Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., Lo Scalzo, R., Nanic, R. C., & Torreggiani, D. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Research International*, 36(9–10), 999–1005. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.07.002>
- Ryu, J.H. & Beuchat, L.R. (1998). Influence of acid tolerance responses on survival, growth, and thermal cross-protection of *Escherichia coli* O157:H7 in acidified media and fruit juices, 45, 185-193. PII: S0168-1605(98)00165-2
- Santo, D., Graça, A., Nunes, C., & Quintas, C. (2018). *Escherichia coli* and *Cronobacter sakazakii* in 'Tommy Atkins' minimally processed mangos: Survival, growth and effect

- of UV-C and electrolyzed water. *Food Microbiology*, 70, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.008>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). Planeación Agrícola nacional. [En línea]. (Actualizado al 2017). Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf> [Último acceso el 7 de Junio del 2022].
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). ¿Qué quiere la niña fresa? México y su producción nacional. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-quiere-la-nina-fresa-mexico-y-su-produccion-nacional> [Último acceso el 10 de Octubre del 2023].
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [En línea]. (Actualizado al 2023). Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [Último acceso el 10 de Octubre del 2023].
- Seo, J., Puligundla, P., & Mok, C. (2019). Decontamination of collards (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) using electrolyzed water and corona discharge plasma jet. *Food Science and Biotechnology*, 28(1), 147–153. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0435-9>
- Sharma, R.M., Rakesh, Y., Dubey, A.K. & Pandey, V. (2019). *Strawberries Production, Postharvest Management and Protection*. (1st Edition). CRC Press.
- Shen, C., Luo, Y., Nou, X., Wang, Q., & Millner, P. (2013). Dynamic effects of free chlorine concentration, organic load, and exposure time on the inactivation of salmonella, escherichia coli O157:H7, and Non-O157 shiga toxin-producing E. coli. *Journal of Food Protection*, 76(3), 386–393. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-320>
- Sinha, N. K., Sidhu, J.S., Barta, J., Wu, J.S.B. & Cano, M.P. (2012). *Handbook of fruits and fruit processing*. (2a ed). Wiley-Blackwell.
- Sirijan, M., Pipattanawong, N., Saeng-On, B., & Chaiprasart, P. (2020). Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in-anthocyanins. *Journal of Berry Research*, 10(3), 397–410. <https://doi.org/10.3233/JBR-190487>
- Sloncewski, J. 2011. Sallmonella enterica: foodborne illness. [En línea]. (Actualizado al 12 de Mayo del 2011). Disponible en: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Salmonella_enterica:_foodborne_illness [Último acceso el 14 de Junio del 2022].
- Sistema Nacional de Notificación de Brotes (NORS). (2020). Outbreaks. [En línea]. (Actualizado al 2022). Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/norsdashboard/> [Último acceso el 8 de Junio del 2022].
- Stahl, M.T.M., Jhon, M.M., Kelly, S.B., Daniel, H.B., & David, A. (2015). Brock. Biología de los microorganismos (14th ed.). Pearson HispanoAmerica Contenido. <https://bookshelf-ref.vitalsource.com/books/9788490352809>
- Sun, X., Baldwin, E., & Bai, J. (2019). Applications of gaseous chlorine dioxide on postharvest handling and storage of fruits and vegetables. *Food Control*. 95,18–26. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.044>
- Tomadoni, B., Moreira, M. R., Pereda, M., & Ponce, A. G. (2018). Gellan-based coatings incorporated with natural antimicrobials in fresh-cut strawberries: Microbiological and sensory evaluation through refrigerated storage. *Food Science and Technology*. 97, 384–389. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.029>
- Torres, E. (2017). Efecto bactericida de la Solución Electrolizada de Superoxidación con pH neutro en carne de cerdo contaminada con *Listeria monocytogenes* y su posible uso como conservador. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Torres, E., Rivera, A., Rosario, P. J., Ramirez, J. C., Paez, D., Martinez, S., Guzman, E., & Cano, J. A. (2020). Application of Neutral Electrolyzed Water on pork chops and its

- impact on meat quality. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76931-4>
- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., De Vos, C. H. R., Capanoglu, E., Bovy, A., & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 696–704. <https://doi.org/10.1021/jf0719959>
- Turantas, F., Ersus, S., Sömek, ö, & Kusçu, A. (2018). Decontamination effect of electrolyzed water washing on fruits and vegetables. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 7(4), 337–342. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018.7.4.337-342>
- Udompijittkul, P., Daeschel, M. A., & Zhao, Y. (2007). Antimicrobial effect of electrolyzed oxidizing water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Journal of Food Science*, 72(9). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00531.x>
- Valpuesta, V. (2002). *Fruit and vegetable biotechnology*. Woodhead Publishing.
- Van De Velde, F., Vaccari, M. C., Piagentini, A. M., & Pirovani, M. É. (2016). Optimization of strawberry disinfection by fogging of a mixture of peracetic acid and hydrogen peroxide based on microbial reduction, color and phytochemicals retention. *Food Science and Technology International*, 22(6), 485–495. <https://doi.org/10.1177/1082013215625696>
- Vardar, C., Ilhan, K., & Karabulut, O. A. (2012). The application of various disinfectants by fogging for decreasing postharvest diseases of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 66, 30–34. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.11.008>
- Veasey, S., & Muriana, P. M. (2016). Evaluation of electrolytically-generated hypochlorous acid ('electrolyzed water') for sanitation of meat and meat-contact surfaces. *Foods*, 5(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods5020042>
- Wasim, M. (2018). *Postharvest Desinfection of Fruits and Vegetables*. (1st Edition). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03664-1>
- Wei, W., Wang, X., Xie, Z., Wang, W., Xu, J., Liu, Y., Gao, H., & Zhou, Y. (2017). Evaluation of sanitizing methods for reducing microbial contamination on fresh strawberry, cherry tomato, and red bayberry. *Frontiers in Microbiology*. 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02397>
- Willey, J.M., Sherwood, L.M. & Woolverton. (2013). *Microbiología de Prescott, Harley y Klein*. (5a edición). McGraw-Hill Education.
- Yan, P., Chelliah, R., Jo, K. H., & Oh, D. H. (2021). Research trends on the application of electrolyzed water in food preservation and sanitation. *Processes*. 9(12). <https://doi.org/10.3390/pr9122240>
- Zhou, Z., Zuber, S., Cantergiani, F., Butot, S., Li, D., Stroheker, T., Devlieghere, F., Lima, A., Piantini, U., & Uyttendaele, M. (2017). Inactivation of viruses and bacteria on strawberries using a levulinic acid plus sodium dodecyl sulfate based sanitizer, taking sensorial and chemical food safety aspects into account. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.023>

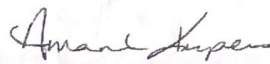
ANEXOS

Anexo A: Certificado de análisis de identificación de bacterias



Certificate of Analysis: Lyophilized Microorganism Specification and Performance Upon Release


<p>Specifications</p> <p>Microorganism Name: Salmonella enterica subsp. enterica serovar Typhimurium Catalog Number: 0421 Lot Number: 421-468** Reference Number: ATCC® 13311™* Passage from Reference: 3</p>	<p>Expiration Date: 2023/8/31 Release Information: Quality Control Technologist: Alexandra D Quevi Release Date: 2021/9/9</p>
---	--

Performance	
<p>Macroscopic Features: Medium, gray/white, circular, convex colonies.</p> <p>Microscopic Features: Gram negative straight rod.</p> <p>ID System: MALDI-TOF (1) See attached ID System results document.</p>	<p>Medium: SBAP</p> <p>Method: Gram Stain (1)</p> <p>Other Features/ Challenges: Results (1) Oxidase(Kovacs): negative Hektoen Enteric agar: good growth, blue-green colonies with black centers (1) Salmonella O antiserum Factor O:4 (Included in group B): positive (1) Salmonella O antiserum Factor O:5 (Included in group B): positive (1) Salmonella O antiserum Factor O:12 (Included in group B): positive</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  Amanda Kuperus Director of Quality Control AUTHORIZED SIGNATURE </div>

**Disclaimer: The last digit(s) of the lot number appearing on the product label and packing slip are merely a packaging event number. The lot number displayed on this certificate is the actual base lot number.

▲ Refer to the enclosed product insert for instructions, intended use and hazard/safety information.


Individual products are traceable to a recognized culture collection.



ATCC Licensed Derivative

(*) The ATCC Licensed Derivative Emblem, the ATCC Licensed Derivative word mark and the ATCC catalog marks are trademarks of ATCC, Microbiologics, Inc. is licensed to use these trademarks and to sell products derived from ATCC's cultures.

(1) These tests are accredited to ISO/IEC 17025.



TESTING CERT #2655.01

© 2012 Microbiologics, Inc. All Rights Reserved. 200 Cooper Avenue North Saint Cloud, MN 56303
Page 1 of 1
DOC.266

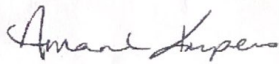
Figura A1. Certificado de análisis de *Salmonella enterica subsp. enterica* serovar *Typhimurium* ATCC 13311



Certificate of Analysis: Lyophilized Microorganism Specification and Performance Upon Release

Specifications Microorganism Name: Escherichia coli (serotype O157:H7) Catalog Number: 0795 Lot Number: 795-216** Reference Number: ATCC® 43888™** Passage from Reference: 3	Expiration Date: 2023/12/31 Release Information: Quality Control Technologist: Madison C Vogt Release Date: 2022/1/31
--	--

Macroscopic Features: Large, circular, convex, entire edge, gray, glistening. Microscopic Features: Gram negative straight rod.	Performance Medium: SBAP Method: Gram Stain (1)
--	--

ID System: MALDI-TOF (1) See attached ID System results document.	Other Features/ Challenges: Results (1) Oxidase (Kovacs): negative Beta-glucuronidase (E. coli Broth w/MUG): negative (1) E. coli O157 Test (RIM Latex Test): positive (1) E. coli H7 Test (RIM Latex Test): positive  Amanda Kuperus Director of Quality Control AUTHORIZED SIGNATURE
---	---

**Disclaimer: The last digit(s) of the lot number appearing on the product label and packing slip are merely a packaging event number. The lot number displayed on this certificate is the actual base lot number.

Refer to the enclosed product insert for instructions, intended use and hazard/safety information.

Individual products are traceable to a recognized culture collection.



(*) The ATCC Licensed Derivative Emblem, the ATCC Licensed Derivative word mark and the ATCC catalog marks are trademarks of ATCC. Microbiologics, Inc. is licensed to use these trademarks and to sell products derived from ATCC® cultures.

(1) These tests are accredited to ISO/IEC 17025.



Figura A2. Certificado de análisis de Escherichia coli O157:H7 ATCC 43888

Anexo B: Resultados con análisis estadístico

1B. Evaluación de la reducción bacteriana *in vitro*

Tabla B1.-Evaluación *in vitro* con Salmonella Typhimurium del grupo tratado con SSF

Repetición	Dilución				Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵		
1	>250	>250	>250	248	2.48x10 ⁹	9.39
2	>250	>250	>250	186	1.86x10 ⁹	9.27
3	>250	>250	>250	296	2.96x10 ⁹	9.47
					Promedio	9.38
					DE	0.10
					CV	1.09

Tabla B2.-Evaluación *in vitro* con Salmonella Typhimurium del grupo tratado con NaClO

Repetición	Dilución				Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵		
1	0	0	0	0	1.00x10 ⁵	5.00
2	0	0	0	0	1.00x10 ⁵	5.00
3	0	3	0	0	3.00x10 ⁵	5.48
					Promedio	5.16
					DE	0.28
					CV	5.34
					% Reducción	99.993

Tabla B3.-Evaluación *in vitro* con Salmonella Typhimurium del grupo tratado con SES

Repetición	Dilución				Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵		
1	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
2	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
3	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
					Promedio	3.00
					DE	0.00
					CV	0.00
					% Reducción	>99.999

Tabla B4.-Evaluación *in vitro* con Escherichia coli O157:H7 del grupo tratado con SSF

Repetición	Dilución				Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵		
1	>250	>250	>250	176	1.76x10 ⁹	9.25
2	>250	>250	>250	230	2.30x10 ⁹	9.36
3	>250	>250	>250	202	2.02x10 ⁹	9.31
					Promedio	9.30
					DE	0.06
					CV	0.62

Tabla B5.-Evaluación *in vitro* con *Escherichia coli* O157:H7 del grupo tratado con NaClO

Repetición	Dilución				Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵		
1	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
2	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
3	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
					Promedio	3.00
					DE	0.00
					CV	0.00
					% Reducción	>99.999

Tabla B6.-Evaluación *in vitro* con *Escherichia coli* O157:H7 del grupo tratado con SES

Repetición	Dilución				Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵		
1	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
2	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
3	0	0	0	0	1.00x10 ³	3.00
					Promedio	3.00
					DE	0.00
					CV	0.00
					% Reducción	>99.999

Figura B1. ANOVA de un factor entre tratamientos aplicada a la evaluación *in vitro* con *Salmonella* Typhimurium

ANOVA table		SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)		63.11	2	31.55	F (2, 6) = 1089	P < 0.0001
Residual (within columns)		0.1739	6	0.02898		
Total		63.28	8			

Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary
SSF vs. SES	6.377	5.950 to 6.803	Yes	****
SSF vs. NaClO	4.217	3.790 to 4.643	Yes	****
SES vs. NaClO	-2.160	-2.586 to -1.734	Yes	****

Figura B2. ANOVA de un factor entre tratamientos aplicada a la evaluación *in vitro* con *Escherichia coli* O157:H7

ANOVA table		SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)		79.55	2	39.77	F (2, 6) = 393;	P < 0.0001
Residual (within columns)		0.006067	6	0.001011		
Total		79.55	8			

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary
SSF vs. SES	6.307	6.227 to 6.386	Yes	****
SSF vs. NaClO	6.307	6.227 to 6.386	Yes	****
SES vs. NaClO	0.0	-0.07966 to 0.07966	No	ns

2B. Evaluación de la reducción bacteriana en fresas

Tabla B7.-Evaluación de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas con SSF mediante aspersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	>250	43	8.60x10 ⁶	6.93
2	>250	54	1.08x10 ⁷	7.03
3	>250	45	9.00x10 ⁶	6.95
		Promedio	9.47 x10 ⁶	6.97
		DE	1.17 x10 ⁶	0.05
		CV	12.38	0.75

Tabla B8.-Evaluación de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas con NaClO mediante aspersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	16	9	3.20x10 ⁵	5.51
2	14	6	2.80x10 ⁵	5.45
3	61	26	1.22x10 ⁶	6.09
		Promedio	6.07x10 ⁵	5.68
		DE	5.32x10 ⁵	0.35
		CV	87.62	6.22
			%Reducción	93.59

Tabla B9.-Evaluación de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas con SES mediante aspersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	10	0	2.00x10 ⁵	5.30
2	17	0	3.40x10 ⁵	5.53
3	21	6	4.20x10 ⁵	5.62
Promedio			3.20x10 ⁵	5.49
DE			1.11x10 ⁵	0.17
CV			34.80	3.03
			%Reducción	96.62

Tabla B10.-Evaluación de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas con SSF mediante inmersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	>250	24	4.80x10 ⁶	6.68
2	>250	10	2.00x10 ⁶	6.30
3	>250	8	1.60x10 ⁶	6.20
Promedio			2.80 x10 ⁶	6.40
DE			1.74 x10 ⁶	0.25
CV			62.27	3.94

Tabla B11.-Evaluación de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas con NaClO mediante inmersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	5	0	1.00x10 ⁵	5.00
2	10	0	2.00x10 ⁵	5.30
3	14	2	2.80x10 ⁶	5.45
Promedio			1.93x10 ⁵	5.25
DE			9.02x10 ⁴	0.23
CV			46.65	4.34
			%Reducción	93.10

Tabla B12.-Evaluación de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas con SES mediante inmersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²		
1	7	4	2.00x10 ⁴	4.15
2	54	1	1.08x10 ⁵	5.03
3	12	9	2.40 x10 ⁴	4.38
Promedio			4.87x10 ⁴	4.52
DE			5.16x10 ⁴	0.46
CV			106.08	10.17
			%Reducción	98.26

Figura B3. ANOVA de un factor entre tratamientos de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas mediante aspersión

ANOVA table		SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)		3.906	2	1.953	F (2, 6) = 37.81	P = 0.0004
Residual (within columns)		0.3099	6	0.05166		
Total		4.216	8			

Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary
SSF vs. SES	1.487	0.9173 to 2.056	Yes	***
SSF vs. NaClO	1.287	0.7173 to 1.856	Yes	**
SES vs. NaClO	-0.2000	-0.7694 to 0.3694	No	ns

Figura B4. ANOVA de un factor entre tratamientos de fresas contaminadas con *Salmonella* Typhimurium y tratadas mediante inmersión

ANOVA table		SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)		5.349	2	2.675	F (2, 6) = 24.70	P = 0.0013
Residual (within columns)		0.6499	6	0.1083		

Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary
SSF vs. SES	1.143	0.3188 to 1.968	Yes	*
SSF vs. NaClO	1.873	1.049 to 2.698	Yes	**
SES vs. NaClO	0.7300	-0.09449 to 1.554	No	ns

Tabla B13.-Evaluación de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas con SSF mediante aspersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	>250	26	5.20x10 ⁶	6.72
2	>250	31	6.20x10 ⁶	6.79
3	>250	33	6.60x10 ⁶	6.82
Promedio			6.00 x10 ⁶	6.78
DE			7.21x10 ⁵	0.05
CV			12.02	0.79

Tabla B14.-Evaluación de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas con NaClO mediante aspersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	20	9	4.00x10 ⁵	5.60
2	10	0	2.00x10 ⁵	5.30
3	16	3	3.20x10 ⁶	5.51
Promedio			3.07x10 ⁵	5.47
DE			1.01x10 ⁵	0.15
CV			32.83	2.81
			%Reducción	94.89

Tabla B15.-Evaluación de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas con SES mediante aspersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	2	0	4.00x10 ⁴	4.60
2	2	0	4.00x10 ⁴	4.60
3	3	0	6.00 x10 ⁴	4.78
Promedio			4.67x10 ⁴	4.66
DE			1.15x10 ⁴	0.10
CV			24.74	2.18
			%Reducción	99.22

Tabla B16.-Evaluación de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas con SSF mediante inmersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	111	6	2.22x10 ⁶	6.35
2	47	6	9.40x10 ⁵	5.97
3	71	7	1.42x10 ⁶	6.15
Promedio			1.53x10 ⁶	6.16
DE			6.47x10 ⁵	0.19
CV			42.36	3.03

Tabla B14.-Evaluación de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas con NaClO mediante inmersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻²	10 ⁻³		
1	2	0	4.00x10 ⁴	4.60
2	3	0	6.00x10 ⁴	4.78
3	4	0	8.00x10 ⁴	4.90
Promedio			6.00x10 ⁴	4.76
DE			2.00x10 ⁴	0.15
CV			33.33	3.18
			%Reducción	96.07

Tabla B15.-Evaluación de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas con SES mediante inmersión

Repetición	Dilución		Cuenta (UFC/mL)	log(UFC/mL)
	10 ⁻¹	10 ⁻²		
1	6	1	1.20x10 ⁴	4.08
2	1	0	2.00x10 ³	3.30
3	4	1	8.00x10 ³	3.90
Promedio			7.33x10 ³	3.76
DE			5.03x10 ³	0.41
CV			68.63	10.85
			%Reducción	99.52

Figura B5. ANOVA de un factor entre tratamientos de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas mediante aspersión

ANOVA table		SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)		6.844	2	3.422	F (2, 6) = 276.5	P < 0.0001
Residual (within columns)		0.07427	6	0.01238		
Total		6.918	8			
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary		
SSF vs. SES	2.117	1.838 to 2.395	Yes	****		
SSF vs. NaClO	1.307	1.028 to 1.585	Yes	****		
SES vs. NaClO	-0.8100	-1.089 to -0.531	Yes	***		

Figura B6. ANOVA de un factor entre tratamientos de fresas contaminadas con *Escherichia coli* O157:H7 y tratadas mediante inmersión

ANOVA table		SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Treatment (between columns)		8.695	2	4.347	F (2, 6) = 57.78	P = 0.0001
Residual (within columns)		0.4515	6	0.07524		
Total		9.146	8			
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95% CI of diff.	Significant?	Summary		
SSF vs. SES	2.397	1.709 to 3.084	Yes	****		
SSF vs. NaClO	1.397	0.7095 to 2.084	Yes	**		
SES vs. NaClO	-1.000	-1.687 to -0.312	Yes	*		

3B. Pruebas fisicoquímicas de fresas tratadas

Tabla B16.-Evaluación del color en fresas tratadas mediante aspersión

	Repetición	SSF			NaClO			SES		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Día 0	1	31.08	33.55	17.65	36.36	31.05	18.14	35.54	33.84	19.74
	2	35.20	30.85	16.41	36.46	34.04	21.92	36.62	32.31	18.07
	3	34.32	29.57	14.39	33.03	29.00	17.44	34.67	33.97	19.29
	4	36.25	37.59	20.94	34.97	33.79	18.86	35.50	32.14	21.90
	5	35.72	33.80	20.91	31.57	28.14	15.31	37.92	34.07	17.00
	6	37.56	34.93	22.66	38.53	35.89	23.43	34.24	34.96	17.76
	7	38.78	37.62	23.95	32.04	31.14	17.09	33.94	34.53	15.64
	8	34.71	32.71	19.11	32.55	31.64	14.84	34.36	31.72	16.96
	9	36.02	32.01	28.72	31.58	28.19	13.04	36.31	32.69	18.35
	10	37.82	31.72	18.96	31.39	32.18	18.40	37.49	33.47	19.13
	11	35.89	32.63	20.07	37.92	32.08	21.94	37.78	30.46	23.79
	12	32.26	26.84	13.46	36.92	33.42	17.88	36.42	36.47	16.26
	13	34.80	36.15	17.92	32.08	27.62	12.36	32.48	32.03	23.91
	14	37.74	37.56	23.35	35.60	29.52	17.11	38.89	33.55	22.29
	15	35.67	30.50	18.56	37.52	33.89	21.04	38.36	38.39	13.00
	16	35.97	35.14	21.25	34.12	26.76	14.76	31.60	27.45	16.03
	17	38.96	32.38	21.83	32.79	28.62	14.06	36.90	27.35	17.60
	18	36.99	29.51	16.62	33.84	28.19	16.77	35.65	29.45	17.75
	19	39.79	35.44	20.19	32.74	28.09	12.92	35.79	30.94	21.40
	20	37.47	36.51	22.55	39.35	33.37	24.11	37.31	31.28	18.71
		Promedio	36.15	33.35	19.98	34.57	30.83	17.92	35.89	3.55
	DE	2.14	3.03	3.52	2.58	2.68	3.50	1.92	2.71	2.81
	CV	5.93	9.08	17.62	7.46	8.71	19.55	5.35	8.32	15.00
Día 1	1	33.55	33.69	17.54	33.11	31.58	13.86	31.78	34.05	15.61
	2	38.11	37.35	19.54	39.17	37.11	25.86	33.79	34.94	15.93
	3	32.88	29.83	12.11	32.75	30.76	13.10	33.52	29.59	15.92
	4	32.50	30.44	11.13	37.15	30.90	19.05	31.41	30.79	12.43
	5	33.58	26.58	11.48	34.32	32.55	15.63	39.44	33.10	19.89
	6	30.64	29.62	12.93	35.47	33.74	15.77	34.48	34.15	18.20
	7	39.89	35.00	23.33	35.49	32.11	16.89	32.58	31.56	18.86
	8	38.79	36.04	22.42	38.32	35.44	20.98	34.36	29.53	17.05
	9	35.47	32.17	17.30	35.76	32.19	17.19	41.46	35.56	26.42
	10	39.04	30.99	18.82	38.57	34.15	20.96	31.87	31.26	14.58
	11	37.34	32.97	20.60	36.92	30.92	17.28	36.64	34.19	19.95
	12	30.85	33.29	14.86	37.8	36.55	21.43	32.63	31.09	15.40
	13	37.42	31.34	19.10	35.78	30.76	15.18	36.40	30.95	17.95
	14	38.99	36.14	22.92	35.80	33.73	19.73	33.64	31.07	16.08
	15	34.90	30.16	15.01	37.97	34.16	18.26	37.15	36.40	20.95
	16	34.85	29.71	15.27	33.97	30.51	14.59	34.56	36.89	21.41
	17	36.39	37.30	22.23	34.14	33.16	15.77	35.72	34.65	21.29
	18	38.63	33.17	20.58	37.45	33.50	19.47	33.34	34.96	18.85
	19	36.45	35.07	19.68	35.05	33.30	18.24	37.33	36.85	22.62
	20	34.69	31.93	15.85	34.63	31.34	15.18	33.76	35.03	20.03
		Promedio	35.75	32.64	17.64	35.98	32.92	10.08	34.79	33.33
	DE	2.80	2.90	3.90	1.87	1.93	3.10	2.63	2.40	3.25
	CV	7.83	8.88	22.14	5.19	5.86	17.15	7.55	7.20	17.58

Tabla B17.-Evaluación del color en fresas tratadas mediante aspersión

	Repetición	SSF			NaClO			SES		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Día 2	1	36.67	36.67	15.96	35.59	31.73	16.42	34.85	28.32	16.89
	2	34.73	35.96	19.66	37.61	33.28	20.76	38.57	31.37	20.83
	3	35.79	31.10	12.96	39.34	33.97	24.84	34.32	28.32	17.20
	4	37.99	34.46	16.32	34.21	29.04	15.51	38.37	33.12	21.18
	5	32.98	31.37	14.50	34.49	29.58	14.47	35.57	28.89	17.20
	6	36.84	35.20	21.66	37.58	33.58	21.06	34.15	33.15	13.67
	7	34.14	33.13	17.86	38.53	34.41	22.36	36.68	32.67	15.22
	8	36.70	35.47	20.79	36.90	31.18	21.21	39.14	36.20	20.00
	9	37.65	35.01	21.40	38.02	34.44	22.33	37.09	30.24	13.44
	10	33.84	32.52	17.32	39.30	35.82	20.66	34.57	29.20	11.63
	11	37.16	31.26	19.68	34.49	35.11	17.19	35.20	30.78	15.77
	12	32.14	27.95	12.98	38.09	34.49	21.35	33.68	29.65	14.26
	13	32.95	28.69	13.49	36.16	35.41	19.51	36.02	29.40	12.49
	14	36.35	30.48	16.71	37.22	34.72	20.76	33.25	26.65	11.97
	15	36.34	27.07	13.15	34.85	32.09	16.72	34.68	30.27	15.07
	16	32.60	30.29	14.30	38.05	35.00	20.20	35.36	30.98	13.32
	17	32.06	28.69	12.88	32.12	28.04	14.68	31.46	26.03	8.64
	18	35.65	32.53	15.23	35.30	25.5	11.53	31.85	26.37	10.43
	19	33.26	31.33	13.67	33.81	31.38	17.49	34.10	26.20	11.59
	20	37.24	28.29	10.18	32.82	26.85	15.71	37.77	31.70	20.35
		Promedio	35.15	31.87	16.04	36.23	32.28	19.68	35.33	29.98
	DE	1.99	2.90	3.28	2.14	3.05	3.37	2.11	2.66	3.61
	CV	5.65	9.11	20.46	5.92	9.45	17.14	5.99	8.87	23.93
Día 3	1	33.02	30.56	16.80	33.56	31.20	14.49	34.79	35.18	18.23
	2	32.32	28.85	15.28	31.68	27.69	11.14	31.11	26.97	11.20
	3	31.95	27.91	11.72	34.74	30.15	12.68	37.44	30.69	17.78
	4	36.39	28.68	15.76	34.17	29.94	13.38	32.47	26.49	11.15
	5	34.91	26.45	16.52	35.43	29.99	15.54	36.76	31.61	17.31
	6	36.29	33.01	20.63	34.85	32.54	16.75	43.43	29.35	14.62
	7	33.02	30.60	14.50	34.11	32.81	12.36	32.22	30.71	13.94
	8	33.07	29.95	15.40	34.76	34.55	16.50	35.22	25.98	14.02
	9	35.39	29.38	15.60	34.17	26.21	11.74	31.82	27.85	15.00
	10	36.01	27.78	14.86	33.67	31.08	16.94	32.62	24.57	10.86
	11	30.15	29.83	13.22	34.11	27.73	14.48	32.53	29.29	16.98
	12	32.89	28.37	13.67	31.76	25.94	11.17	36.09	31.31	13.28
	13	35.13	33.34	15.91	31.30	25.81	11.52	33.94	28.22	13.35
	14	33.65	32.39	14.90	35.49	29.25	14.72	31.06	28.73	13.30
	15	34.87	29.56	14.11	36.85	30.58	16.60	31.32	28.98	10.64
	16	35.72	32.18	16.91	36.63	33.75	19.02	32.46	25.19	17.09
	17	34.55	29.93	15.54	34.59	30.21	14.76	35.44	28.70	14.85
	18	38.12	31.47	18.13	35.05	30.39	14.59	34.83	30.03	10.77
	19	37.19	30.46	14.04	37.84	31.23	15.43	32.10	25.46	13.83
	20	36.4	29.05	18.13	34.28	27.10	13.44	34.28	28.09	14.05
		Promedio	34.55	29.99	15.58	34.45	29.91	14.07	33.65	28.67
	DE	2.00	1.82	1.97	1.65	2.53	2.22	1.93	2.56	2.45
	CV	5.78	6.07	12.64	4.77	8.45	15.81	5.75	8.92	17.42

Tabla B18.-Evaluación del color en fresas tratadas mediante aspersión

	Repetición	SSF			NaClO			SES		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Día 4	1	31.42	31.61	13.91	31.10	27.65	13.5	31.50	25.43	9.93
	2	33.69	31.62	13.38	31.06	30.16	15.45	30.24	24.21	8.99
	3	34.01	27.27	11.29	35.16	27.85	14.62	32.24	25.90	10.30
	4	33.69	28.45	11.52	34.57	27.07	14.22	33.74	27.08	11.37
	5	35.49	28.97	13.09	32.96	25.06	11.25	31.64	24.50	9.21
	6	33.04	27.46	12.62	34.95	30.19	12.42	34.29	25.64	13.59
	7	35.48	31.37	15.60	32.87	28.85	11.22	33.43	26.35	13.53
	8	33.11	27.76	13.31	35.00	29.50	13.58	34.90	27.61	14.33
	9	32.53	25.87	11.22	34.65	30.95	13.49	33.31	23.12	10.44
	10	36.31	31.16	15.15	31.68	28.01	12.05	34.45	24.70	13.05
	11	35.63	33.96	16.09	33.69	28.93	12.08	33.99	27.03	12.58
	12	33.91	28.30	10.71	30.61	30.14	13.47	29.44	26.25	11.15
	13	33.98	28.63	10.10	35.60	27.30	10.51	30.81	23.65	9.82
	14	33.46	31.21	13.93	33.93	29.06	12.18	36.10	28.23	9.53
	15	32.38	33.79	15.47	29.64	28.09	11.73	30.61	24.04	10.18
	16	32.62	28.88	11.60	32.20	24.98	11.56	31.12	26.73	13.39
	17	32.66	30.18	11.65	30.74	24.72	10.79	31.42	24.01	13.38
	18	32.06	25.62	10.69	30.17	24.47	10.76	31.46	27.72	13.80
	19	34.71	30.44	15.68	32.56	26.80	12.63	33.82	24.47	13.01
	20	34.01	31.60	13.60	30.97	24.79	10.47	31.75	24.79	13.77
		Promedio	33.71	29.76	13.03	32.71	27.73	12.78	32.51	25.57
	DE	1.30	2.35	1.89	1.89	2.06	1.44	1.78	1.50	1.82
	CV	3.87	7.90	14.49	5.79	7.42	11.24	5.47	5.87	15.49

Figura B7. ANOVA de dos factores entre días y tratamientos aplicados por aspersión en párametro L*

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	3.930	0.0669	ns	No	
Row Factor	19.41	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	1.213	0.1030	ns	No	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	64.39	8	8.049	F (8, 285) = 1.856	P=0.0669
Row Factor	318.1	4	79.52	F (4, 285) = 18.33	P<0.0001
Column Factor	19.87	2	9.936	F (2, 285) = 2.291	P=0.1030
Residual	1236	285	4.337		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	0.2615	-1.290 to 1.813	No	ns	
SSF vs. NaClO	1.582	0.03036 to 3.134	Yes	*	
SES vs. NaClO	1.321	-0.2311 to 2.872	No	ns	
1					
SSF vs. SES	0.9555	-0.5961 to 2.507	No	ns	
SSF vs. NaClO	-0.2330	-1.785 to 1.319	No	ns	
SES vs. NaClO	-1.189	-2.740 to 0.3631	No	ns	
2					
SSF vs. SES	-0.1800	-1.732 to 1.372	No	ns	
SSF vs. NaClO	-1.071	-2.623 to 0.4806	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.8910	-2.443 to 0.6606	No	ns	
3					
SSF vs. SES	0.9060	-0.6456 to 2.458	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.1000	-1.452 to 1.652	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.8060	-2.358 to 0.7456	No	ns	
4					
SSF vs. SES	1.202	-0.3501 to 2.753	No	ns	
SSF vs. NaClO	1.004	-0.5476 to 2.556	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.1975	-1.749 to 1.354	No	ns	

Figura B8. ANOVA de dos factores entre días y tratamientos aplicados por aspersión en párametro a*

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	6.679	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	34.20	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	3.488	0.0002	***	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	215.9	8	26.99	F (8, 285) = 4.276	P<0.0001
Row Factor	1105	4	276.4	F (4, 285) = 43.79	P<0.0001
Column Factor	112.8	2	56.39	F (2, 285) = 8.935	P=0.0002
Residual	1799	285	6.311		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	0.7975	-1.074 to 2.669	No	ns	
SSF vs. NaClO	2.520	0.6483 to 4.392	Yes	**	
SES vs. NaClO	1.723	-0.1492 to 3.594	No	ns	
1					
SSF vs. SES	-0.6910	-2.563 to 1.181	No	ns	
SSF vs. NaClO	-0.2835	-2.155 to 1.588	No	ns	
SES vs. NaClO	0.4075	-1.464 to 2.279	No	ns	
2					
SSF vs. SES	1.898	0.02634 to 3.770	Yes	*	
SSF vs. NaClO	-0.4075	-2.279 to 1.464	No	ns	
SES vs. NaClO	-2.306	-4.177 to -0.4338	Yes	*	
3					
SSF vs. SES	1.318	-0.5542 to 3.189	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.08000	-1.792 to 1.952	No	ns	
SES vs. NaClO	-1.238	-3.109 to 0.6342	No	ns	
4					
SSF vs. SES	4.184	2.312 to 6.056	Yes	****	
SSF vs. NaClO	2.029	0.1573 to 3.901	Yes	*	
SES vs. NaClO	-2.155	-4.027 to -0.2833	Yes	*	

Figura B9. ANOVA de dos factores entre días y tratamientos aplicados por aspersión en párametro b*

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	5.059	0.0018	**	Yes
Row Factor	37.33	<0.0001	****	Yes
Column Factor	0.8425	0.1225	ns	No

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	214.9	8	26.86	F (8, 285) = 3.175	P=0.0018
Row Factor	1586	4	396.5	F (4, 285) = 46.86	P<0.0001
Column Factor	35.78	2	17.89	F (2, 285) = 2.115	P=0.1225
Residual	2411	285	8.460		

Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary
0				
SSF vs. SES	1.267	-0.9000 to 3.434	No	ns
SSF vs. NaClO	2.404	0.2370 to 4.571	Yes	*
SES vs. NaClO	1.137	-1.030 to 3.304	No	ns
1				
SSF vs. SES	-0.8360	-3.003 to 1.331	No	ns
SSF vs. NaClO	-0.08600	-2.253 to 2.081	No	ns
SES vs. NaClO	0.7500	-1.417 to 2.917	No	ns
2				
SSF vs. SES	0.9275	-1.240 to 3.095	No	ns
SSF vs. NaClO	-2.707	-4.874 to -0.5400	Yes	**
SES vs. NaClO	-3.635	-5.802 to -1.467	Yes	***
3				
SSF vs. SES	1.529	-0.6385 to 3.696	No	ns
SSF vs. NaClO	1.169	-0.9980 to 3.336	No	ns
SES vs. NaClO	-0.3595	-2.527 to 1.808	No	ns
4				
SSF vs. SES	1.272	-0.8950 to 3.439	No	ns
SSF vs. NaClO	0.6315	-1.536 to 2.799	No	ns
SES vs. NaClO	-0.6405	-2.808 to 1.527	No	ns

Tabla B19.-Evaluación del color en fresas tratadas mediante inmersión

	Repetición	SSF			NaClO			SES		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Día 0	1	31.58	37.41	17.95	37.48	36.31	22.49	36.76	37.94	25.25
	2	36.22	37.83	20.09	35.53	32.75	18.83	32.51	35.19	20.07
	3	32.62	34.97	15.74	45.24	34.84	25.93	33.78	34.04	20.47
	4	32.76	35.45	15.74	35.98	32.74	19.05	34.61	34.10	23.07
	5	38.13	36.35	19.58	34.79	32.63	18.19	37.77	36.01	28.76
	6	37.56	34.93	22.66	38.28	36.44	23.71	34.38	35.68	19.58
	7	38.78	37.62	23.95	32.03	30.60	12.58	36.01	35.07	19.38
	8	35.43	37.53	22.84	38.32	25.80	21.38	42.83	32.41	22.25
	9	34.09	40.13	23.91	37.81	36.82	22.53	36.49	34.19	22.29
	10	37.58	36.44	23.64	39.30	35.35	22.66	33.34	28.99	14.71
	11	32.92	36.74	21.46	36.39	33.19	19.25	37.43	33.61	20.67
	12	35.94	36.37	20.50	34.33	32.98	15.17	36.75	32.47	19.01
	13	43.07	40.58	32.15	34.65	31.32	14.23	36.17	33.65	22.04
	14	40.73	36.29	25.47	30.98	30.75	12.75	32.87	28.84	15.73
	15	35.68	31.28	17.40	34.31	33.55	19.13	38.69	34.63	24.42
	16	39.23	34.68	22.44	34.12	26.76	14.76	38.12	35.29	23.82
	17	36.58	35.98	21.51	42.38	36.12	25.24	34.30	32.94	17.77
	18	39.0	35.54	25.56	36.85	34.37	19.23	37.96	34.08	21.95
	19	34.60	36.43	19.08	39.20	33.52	21.95	35.93	31.06	20.17
	20	35.05	34.06	16.68	33.93	31.39	15.17	35.61	32.18	20.52
		Promedio	36.38	36.33	21.40	36.60	33.41	19.19	36.12	33.62
	DE	2.94	2.03	3.99	3.36	2.50	4.05	2.41	2.23	3.21
	CV	8.09	5.57	18.64	9.19	7.47	21.11	6.67	6.62	15.23
Día 1	1	32.59	33.24	17.03	36.66	34.77	18.66	34.26	34.25	16.41
	2	35.17	31.10	18.25	34.88	34.41	17.07	34.61	34.72	17.48
	3	32.36	31.75	15.22	36.01	36.85	20.01	35.82	32.09	17.14
	4	34.11	29.91	18.11	34.82	33.36	17.16	35.22	32.39	16.72
	5	34.63	28.43	16.19	36.38	29.44	19.57	36.04	31.29	17.17
	6	36.54	34.02	17.45	33.73	34.14	19.16	36.98	34.06	17.67
	7	31.59	28.00	12.61	33.36	30.42	16.55	34.95	34.33	15.00
	8	34.86	34.50	18.43	36.66	36.83	18.63	41.63	40.60	24.32
	9	35.71	33.15	18.07	33.71	31.11	17.31	35.67	33.92	19.02
	10	31.46	27.08	11.78	36.54	34.78	19.22	31.94	31.26	12.63
	11	33.70	27.85	12.90	34.73	31.32	14.04	32.38	38.04	20.98
	12	35.73	30.99	16.15	39.63	34.71	21.98	32.35	32.12	14.96
	13	34.04	28.46	13.59	39.70	35.10	21.00	32.14	33.83	19.00
	14	37.33	36.18	21.42	36.53	32.49	16.11	35.48	32.26	17.23
	15	34.03	26.77	12.20	39.28	32.70	20.11	38.22	34.14	20.85
	16	33.43	32.24	18.38	34.01	31.18	16.02	33.95	34.84	15.72
	17	33.62	28.35	11.56	35.36	28.62	19.21	34.24	33.08	13.78
	18	39.67	32.63	20.14	33.95	30.27	15.27	42.61	36.25	21.66
	19	37.84	30.80	18.99	32.49	28.40	15.77	39.98	33.75	20.62
	20	37.17	31.23	18.22	37.38	31.02	15.16	38.34	32.56	17.57
		Promedio	34.78	30.83	16.33	35.79	32.60	18.44	35.84	33.99
	DE	2.16	2.67	2.96	2.09	2.56	2.16	3.03	2.26	2.86
	CV	6.20	8.66	18.11	5.83	7.85	11.71	8.45	6.65	16.06

Tabla B20.-Evaluación del color en fresas tratadas mediante inmersión

	Repetición	SSF			NaClO			SES		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Día 2	1	32.91	29.99	15.42	31.36	24.68	10.71	37.01	28.17	15.90
	2	31.05	24.31	9.56	33.83	28.97	13.76	34.25	34.07	16.53
	3	33.95	30.66	15.81	34.45	29.05	13.76	35.60	28.00	15.35
	4	36.75	30.60	15.88	38.26	31.43	19.04	35.94	29.59	16.02
	5	33.32	26.19	10.68	33.97	28.90	13.48	37.33	28.82	12.47
	6	32.55	25.52	16.37	36.39	33.37	18.32	36.43	30.59	14.17
	7	35.87	33.61	20.91	33.15	29.82	15.65	36.94	29.15	16.82
	8	39.45	27.84	19.99	31.59	28.87	12.34	37.01	30.55	17.55
	9	34.44	29.14	17.89	35.26	28.87	13.17	36.43	28.59	15.52
	10	39.21	31.62	23.25	33.75	30.27	17.09	32.65	31.80	12.42
	11	36.89	29.23	15.43	35.51	30.41	16.52	37.02	27.76	17.11
	12	35.21	30.89	17.70	33.51	27.76	13.24	35.54	34.62	16.43
	13	35.36	26.07	13.79	37.64	30.69	17.13	32.25	29.35	13.19
	14	35.18	26.54	12.43	31.77	27.61	11.29	35.00	33.49	15.34
	15	37.90	29.67	18.31	34.790	26.46	13.56	32.74	34.43	14.64
	16	33.67	26.91	14.97	34.44	31.83	15.68	37.15	28.09	17.14
	17	33.86	27.24	14.14	33.44	33.44	14.75	34.66	29.13	17.95
	18	34.72	28.03	17.41	31.87	30.21	12.65	34.71	23.88	14.35
	19	34.53	25.43	14.27	36.15	31.58	16.02	34.15	27.33	16.18
	20	33.93	26.45	16.44	32.07	32.44	14.74	36.99	27.34	15.42
		Promedio	35.04	28.30	16.03	34.16	29.83	14.60	35.49	29.79
	DE	2.15	2.45	3.26	1.97	2.23	2.26	1.63	2.76	1.59
	CV	6.15	8.67	20.35	5.76	7.48	15.45	4.59	9.26	10.23
Día 3	1	33.90	32.25	16.43	33.20	35.29	19.38	33.96	33.49	15.21
	2	31.99	30.33	15.78	37.52	36.95	26.27	31.94	31.28	12.99
	3	35.03	33.38	18.05	27.81	27.35	11.80	29.66	29.89	12.67
	4	31.87	31.90	14.88	31.82	30.94	13.32	34.71	31.72	14.88
	5	31.57	29.17	12.17	34.18	30.03	15.05	33.28	28.35	12.16
	6	30.14	30.32	11.67	35.48	33.71	17.03	33.11	27.70	16.04
	7	34.51	26.09	12.55	32.12	29.33	12.64	32.31	25.35	14.50
	8	31.28	27.80	13.66	33.48	31.25	12.99	33.81	26.97	15.69
	9	33.83	33.15	16.66	35.90	30.55	14.97	38.36	29.19	21.15
	10	33.17	31.35	15.51	32.44	29.18	12.97	35.73	28.18	14.51
	11	35.05	32.47	17.00	33.22	32.84	15.35	32.91	33.68	15.44
	12	33.36	28.26	15.58	32.33	30.78	12.33	30.74	26.37	11.08
	13	35.15	31.63	15.99	34.48	31.54	13.07	32.29	28.34	13.71
	14	34.58	28.99	14.77	33.45	27.84	10.86	36.10	29.11	16.53
	15	34.50	29.28	14.66	31.69	27.61	10.64	32.81	32.25	14.94
	16	35.83	30.80	19.26	34.86	32.04	13.62	35.21	29.50	12.18
	17	35.98	31.60	20.95	35.49	31.78	13.96	38.23	29.41	18.29
	18	35.62	27.91	16.16	33.49	29.60	12.01	35.19	28.80	13.45
	19	36.04	27.46	18.79	36.87	32.54	17.19	34.10	26.20	11.59
	20	35.08	26.32	10.18	35.25	30.09	12.95	33.26	29.13	14.79
		Promedio	33.92	30.02	15.54	33.75	31.06	14.51	33.89	29.25
	DE	1.74	2.22	2.66	1.17	2.45	3.37	2.19	2.30	2.37
	CV	5.12	7.40	17.10	6.42	7.88	23.22	6.47	7.87	16.23

Tabla B21.-Evaluación del color en fresas tratadas mediante inmersión

	Repetición	SSF			NaClO			SES		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Día 4	1	32.89	32.41	14.68	32.04	28.13	15.64	32.89	31.82	15.05
	2	36.36	31.91	15.50	35.71	28.05	16.32	36.80	28.43	17.32
	3	31.16	28.33	11.98	34.72	27.70	17.60	32.40	31.28	14.37
	4	34.05	31.26	13.31	33.11	25.61	15.55	35.65	33.61	17.77
	5	34.87	31.74	15.69	33.09	25.77	14.34	33.94	26.35	14.97
	6	29.96	29.92	12.04	35.15	33.23	15.52	31.17	30.99	13.66
	7	34.53	35.60	18.73	33.71	32.46	15.43	33.41	30.67	15.39
	8	32.08	32.98	16.86	34.72	31.87	14.17	34.19	30.37	15.38
	9	34.79	32.39	17.57	34.19	32.75	14.52	30.94	30.66	15.89
	10	36.84	35.69	20.69	34.91	31.09	14.71	33.95	32.30	15.49
	11	33.97	29.38	14.92	35.92	33.56	15.52	35.19	28.21	17.95
	12	32.07	29.38	15.90	32.20	30.08	17.13	35.11	26.37	16.99
	13	31.82	28.25	14.36	32.76	31.38	16.55	34.23	25.76	15.37
	14	36.55	32.50	19.09	33.04	32.21	13.67	33.49	27.36	17.24
	15	33.25	28.72	13.69	35.67	33.79	16.53	34.78	26.45	14.56
	16	37.41	35.54	21.05	34.73	28.44	14.40	33.74	25.60	14.26
	17	34.63	31.02	15.69	34.18	28.15	10.08	33.17	25.96	15.89
	18	33.30	29.63	14.33	34.39	29.38	14.83	31.87	26.58	15.05
	19	35.18	30.76	16.21	34.28	30.04	13.60	33.00	25.12	12.76
	20	32.79	28.60	13.79	31.53	26.84	10.56	35.39	28.24	15.59
		Promedio	33.93	31.32	15.80	34.00	30.03	15.55	33.77	28.61
	DE	1.99	2.36	2.57	1.27	2.60	1.89	1.50	2.62	1.36
	CV	5.87	7.54	16.24	3.74	8.66	12.18	4.45	9.16	8.77

Figura B10. ANOVA de dos factores entre días y tratamientos aplicados por inmersión en párametro L*

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	1.918	0.5762	ns	No	
Row Factor	15.70	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	0.1384	0.7869	ns	No	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	33.43	8	4.179	F (8, 285) = 0.8306	P=0.5762
Row Factor	273.7	4	68.43	F (4, 285) = 13.60	P<0.0001
Column Factor	2.413	2	1.207	F (2, 285) = 0.2398	P=0.7869
Residual	1434	285	5.032		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	0.2620	-1.409 to 1.933	No	ns	
SSF vs. NaClO	-0.2175	-1.889 to 1.454	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.4795	-2.151 to 1.192	No	ns	
1					
SSF vs. SES	-1.062	-2.733 to 0.6097	No	ns	
SSF vs. NaClO	-1.011	-2.683 to 0.6597	No	ns	
SES vs. NaClO	0.05000	-1.621 to 1.721	No	ns	
2					
SSF vs. SES	-0.4525	-2.124 to 1.219	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.8775	-0.7937 to 2.549	No	ns	
SES vs. NaClO	1.330	-0.3412 to 3.001	No	ns	
3					
SSF vs. SES	0.03850	-1.633 to 1.710	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.1700	-1.501 to 1.841	No	ns	
SES vs. NaClO	0.1315	-1.540 to 1.803	No	ns	
4					
SSF vs. SES	0.1595	-1.512 to 1.831	No	ns	
SSF vs. NaClO	-0.07750	-1.749 to 1.594	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.2370	-1.908 to 1.434	No	ns	

Figura B11. ANOVA de dos factores entre días y tratamientos aplicados por inmersión en párametro a*

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	10.50	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	36.33	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	0.2613	0.4955	ns	No	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	327.5	8	40.94	F (8, 285) = 7.073	P<0.0001
Row Factor	1133	4	283.2	F (4, 285) = 48.93	P<0.0001
Column Factor	8.149	2	4.074	F (2, 285) = 0.7039	P=0.4955
Residual	1650	285	5.788		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	2.712	0.9195 to 4.504	Yes	**	
SSF vs. NaClO	2.712	0.9195 to 4.504	Yes	**	
SES vs. NaClO	0.000	-1.792 to 1.792	No	ns	
1					
SSF vs. SES	-3.155	-4.947 to -1.363	Yes	***	
SSF vs. NaClO	-1.762	-3.554 to 0.03046	No	ns	
SES vs. NaClO	1.393	-0.3995 to 3.185	No	ns	
2					
SSF vs. SES	-1.491	-3.283 to 0.3020	No	ns	
SSF vs. NaClO	-1.536	-3.328 to 0.2565	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.04550	-1.838 to 1.747	No	ns	
3					
SSF vs. SES	0.7775	-1.015 to 2.570	No	ns	
SSF vs. NaClO	-1.039	-2.831 to 0.7535	No	ns	
SES vs. NaClO	-1.817	-3.609 to -0.02404	Yes	*	
4					
SSF vs. SES	2.717	0.9240 to 4.509	Yes	**	
SSF vs. NaClO	1.297	-0.4960 to 3.089	No	ns	
SES vs. NaClO	-1.420	-3.212 to 0.3725	No	ns	

Figura B12. ANOVA de dos factores entre días y tratamientos aplicados por inmersión en párametro b*

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	2.460	0.1764	ns	No	
Row Factor	35.92	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	1.090	0.0786	ns	No	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	91.52	8	11.44	F (8, 285) = 1.448	P=0.1764
Row Factor	1336	4	334.1	F (4, 285) = 42.28	P<0.0001
Column Factor	40.56	2	20.28	F (2, 285) = 2.566	P=0.0786
Residual	2252	285	7.903		
Tukey's multiple comparison	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	0.2960	-1.798 to 2.390	No	ns	
SSF vs. NaClO	2.186	0.09156 to 4.280	Yes	*	
SES vs. NaClO	1.890	-0.2044 to 3.984	No	ns	
1					
SSF vs. SES	-1.462	-3.556 to 0.6324	No	ns	
SSF vs. NaClO	-1.566	-3.660 to 0.5284	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.1040	-2.198 to 1.990	No	ns	
2					
SSF vs. SES	0.5075	-1.587 to 2.602	No	ns	
SSF vs. NaClO	1.388	-0.7069 to 3.482	No	ns	
SES vs. NaClO	0.8800	-1.214 to 2.974	No	ns	
3					
SSF vs. SES	0.9450	-1.149 to 3.039	No	ns	
SSF vs. NaClO	1.165	-0.9294 to 3.259	No	ns	
SES vs. NaClO	0.2200	-1.874 to 2.314	No	ns	
4					
SSF vs. SES	0.2565	-1.838 to 2.351	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.9705	-1.124 to 3.065	No	ns	
SES vs. NaClO	0.7140	-1.380 to 2.808	No	ns	

Tabla B22.-Evaluación de sólidos solubles en fresas tratadas mediante aspersión e inmersión

	Repetición	Aspersión			Inmersión		
		SSF	NaClO	SES	SSF	NaClO	SES
Día 0	1	6.0	5.9	6.0	6.2	6.0	6.0
	2	6.0	5.9	5.9	6.5	6.0	6.0
	3	6.1	5.9	5.9	6.2	5.9	6.0
	Promedio	6.0	5.9	5.9	6.3	6.0	6.0
	DE	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0
	CV	1.0	0.0	1.0	2.7	1.0	0.0
Día 1	1	6.9	6.0	7.0	7.0	7.0	7.1
	2	6.9	6.0	7.0	7.0	7.1	7.2
	3	6.9	6.0	7.0	6.9	7.1	7.1
	Promedio	6.9	6.0	7.0	7.0	7.1	7.1
	DE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
	CV	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.8
Día 2	1	8.0	7.2	8.0	7.0	7.2	7.9
	2	8.0	7.2	8.1	7.0	7.0	7.8
	3	8.0	7.0	8.0	7.0	7.0	7.9
	Promedio	8.0	7.1	8.0	7.0	7.1	7.9
	DE	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
	CV	0.0	1.6	0.7	0.0	1.6	0.7
Día 3	1	9.0	8.0	8.0	7.9	8.0	8.0
	2	8.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	3	9.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9
	Promedio	9.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	DE	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
	CV	0.6	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7
Día 4	1	9.0	9.0	9.0	8.5	10.0	9.5
	2	9.0	9.0	9.0	9.0	10.5	9.5
	3	9.0	9.0	9.0	9.0	10.5	10.0
	Promedio	9.0	9.0	9.0	8.8	10.3	9.7
	DE	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3
	CV	0.0	0.0	0.0	3.3	2.8	3.0

Figura B13. ANOVA de dos factores para la evaluación de sólidos solubles entre días y tratamientos aplicados por aspersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	4.501	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	91.16	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	4.254	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	2.715	8	0.3393	F (8, 30) = 190.9	P<0.0001
Row Factor	54.97	4	13.74	F (4, 30) = 7731	P<0.0001
Column Factor	2.565	2	1.283	F (2, 30) = 721.5	P<0.0001
Residual	0.05333	30	0.001778		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	0.1000	0.01513 to 0.1849	Yes	*	
SSF vs. NaClO	0.1333	0.04846 to 0.2182	Yes	**	
SES vs. NaClO	0.03333	-0.05154 to 0.1182	No	ns	
1					
SSF vs. SES	-0.1000	-0.1849 to -0.01513	Yes	*	
SSF vs. NaClO	0.9000	0.8151 to 0.9849	Yes	****	
SES vs. NaClO	1.000	0.9151 to 1.085	Yes	****	
2					
SSF vs. SES	-0.03333	-0.1182 to 0.05154	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.8667	0.7818 to 0.9515	Yes	****	
SES vs. NaClO	0.9000	0.8151 to 0.9849	Yes	****	
3					
SSF vs. SES	0.9667	0.8818 to 1.052	Yes	****	
SSF vs. NaClO	0.9667	0.8818 to 1.052	Yes	****	
SES vs. NaClO	0.000	-0.08487 to 0.08487	No	ns	
4					
SSF vs. SES	0.000	-0.08487 to 0.08487	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.000	-0.08487 to 0.08487	No	ns	
SES vs. NaClO	0.000	-0.08487 to 0.08487	No	ns	

Figura B14. ANOVA de dos factores para la evaluación de sólidos solubles entre días y tratamientos aplicados por inmersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	6.260	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	91.51	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	1.296	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	4.214	8	0.5268	F (8, 30) = 25.22	P<0.0001
Row Factor	61.60	4	15.40	F (4, 30) = 737.3	P<0.0001
Column Factor	0.8724	2	0.4362	F (2, 30) = 20.88	P<0.0001
Residual	0.6267	30	0.02089		
Tukey's multiple comparisons	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary		
0					
SSF vs. SES	0.009078 to 0.5909	Yes	*		
SSF vs. NaClO	0.04241 to 0.6243	Yes	*		
SES vs. NaClO	-0.2576 to 0.3243	No	ns		
1					
SSF vs. SES	-0.4576 to 0.1243	No	ns		
SSF vs. NaClO	-0.4243 to 0.1576	No	ns		
SES vs. NaClO	-0.2576 to 0.3243	No	ns		
2					
SSF vs. SES	-1.158 to -0.5757	Yes	****		
SSF vs. NaClO	-0.3243 to 0.2576	No	ns		
SES vs. NaClO	0.5424 to 1.124	Yes	****		
3					
SSF vs. SES	-0.2909 to 0.2909	No	ns		
SSF vs. NaClO	-0.3243 to 0.2576	No	ns		
SES vs. NaClO	-0.3243 to 0.2576	No	ns		
4					
SSF vs. SES	-1.124 to -0.5424	Yes	****		
SSF vs. NaClO	-1.791 to -1.209	Yes	****		
SES vs. NaClO	-0.9576 to -0.3757	Yes	****		

Tabla B23.1.-Curva patrón obtenida en la evaluación de azúcares reductores

Concentración (mg/mL)	Absorbancia				
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
0	0	0	0	0	0
0.2	0.058	0.131	0.136	0.127	0.115
0.4	0.262	0.251	0.269	0.254	0.233
0.8	0.526	0.517	0.565	0.500	0.511
1.2	0.777	0.778	0.834	0.752	0.785
1.6	1.033	0.991	1.123	0.997	0.987
2.0	1.445	1.270	1.372	1.237	1.289

Tabla B23.2.-Evaluación de azúcares reductores en fresas tratadas mediante aspersión e inmersión

	Repetición	Aspersión			Inmersión		
		SSF	NaClO	SES	SSF	NaClO	SES
Día 0	1	3.37	3.48	4.29	3.93	4.29	3.99
	2	4.00	3.59	4.50	4.00	3.73	4.27
	3	3.42	3.55	3.74	3.76	4.10	4.37
	Promedio	3.60	3.54	4.18	3.90	4.04	4.21
	DE	0.31	0.05	0.35	0.11	0.26	0.18
	CV	8.64	1.47	8.42	2.38	6.39	4.16
	Día 1	1	4.61	4.07	4.91	4.15	4.55
2		4.65	3.84	4.67	4.00	4.16	4.56
3		4.67	4.10	4.85	4.25	4.56	4.41
Promedio		4.64	4.00	4.81	4.13	4.42	4.50
DE		0.03	0.13	0.11	0.11	0.20	0.08
CV		0.66	3.28	2.38	2.74	4.61	1.67
Día 2	1	4.87	4.56	5.38	4.70	4.63	4.17
	2	5.10	4.84	5.08	4.68	4.41	4.38
	3	5.00	4.66	5.04	4.57	4.50	4.60
	Promedio	4.9	4.69	5.17	4.65	4.51	4.38
	DE	0.12	0.14	0.17	0.07	0.11	0.20
	CV	2.46	3.07	3.24	1.44	2.53	4.62
Día 3	1	5.27	5.36	5.36	5.28	5.60	5.60
	2	5.15	5.44	5.29	5.49	6.00	5.61
	3	5.14	5.40	5.57	5.16	5.93	5.56
	Promedio	5.19	5.40	5.41	5.31	5.84	5.59
	DE	0.07	0.04	0.13	0.15	0.20	0.03
	CV	1.26	0.75	2.43	2.78	3.34	0.51
Día 4	1	6.10	5.97	6.14	6.76	8.27	7.69
	2	5.86	6.08	6.06	7.17	8.36	7.69
	3	5.87	5.88	5.96	7.17	8.38	7.78
	Promedio	5.94	5.98	6.05	7.03	8.34	7.72
	DE	0.16	0.09	1.56	0.22	0.05	0.06
	CV	2.63	1.56	1.84	3.19	0.64	0.74

Figura B15. ANOVA de dos factores para la evaluación de azúcares reductores entre días y tratamientos aplicados por aspersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	3.716	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	88.63	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	4.277	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	2.131	8	0.2663	F (8, 75) = 10.32	P<0.0001
Row Factor	50.82	4	12.70	F (4, 75) = 492.5	P<0.0001
Column Factor	2.452	2	1.226	F (2, 75) = 47.53	P<0.0001
Residual	1.935	75	0.02580		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	-0.5783	-0.8001 to -0.3566	Yes	****	
SSF vs. NaClO	0.05833	-0.1634 to 0.2801	No	ns	
SES vs. NaClO	0.6367	0.4149 to 0.8584	Yes	****	
1					
SSF vs. SES	-0.1667	-0.3884 to 0.05506	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.6383	0.4166 to 0.8601	Yes	****	
SES vs. NaClO	0.8050	0.5833 to 1.027	Yes	****	
2					
SSF vs. SES	-0.1767	-0.3984 to 0.04506	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.3000	0.07828 to 0.5217	Yes	**	
SES vs. NaClO	0.4767	0.2549 to 0.6984	Yes	****	
3					
SSF vs. SES	-0.2200	-0.4417 to 0.001724	No	ns	
SSF vs. NaClO	-0.2183	-0.4401 to 0.003390	No	ns	
SES vs. NaClO	0.001667	-0.2201 to 0.2234	No	ns	
4					
SSF vs. SES	-0.1133	-0.3351 to 0.1084	No	ns	
SSF vs. NaClO	-0.03333	-0.2551 to 0.1884	No	ns	
SES vs. NaClO	0.08000	-0.1417 to 0.3017	No	ns	

Figura B16. ANOVA de dos factores para la evaluación de azúcares reductores entre días y tratamientos aplicados por inmersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	2.440	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	94.85	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	1.687	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	4.121	8	0.5151	F (8, 75) = 22.39	P<0.0001
Row Factor	160.2	4	40.05	F (4, 75) = 1741	P<0.0001
Column Factor	2.849	2	1.425	F (2, 75) = 61.92	P<0.0001
Residual	1.725	75	0.02300		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	-0.3183	-0.5277 to -0.1090	Yes	**	
SSF vs. NaClO	-0.1467	-0.3560 to 0.06272	No	ns	
SES vs. NaClO	0.1717	-0.03772 to 0.3810	No	ns	
1					
SSF vs. SES	-0.3683	-0.5777 to -0.1590	Yes	***	
SSF vs. NaClO	-0.2933	-0.5027 to -0.08395	Yes	**	
SES vs. NaClO	0.07500	-0.1344 to 0.2844	No	ns	
2					
SSF vs. SES	0.2700	0.06062 to 0.4794	Yes	**	
SSF vs. NaClO	0.1350	-0.07438 to 0.3444	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.1350	-0.3444 to 0.07438	No	ns	
3					
SSF vs. SES	-0.2850	-0.4944 to -0.07562	Yes	**	
SSF vs. NaClO	-0.5367	-0.7460 to -0.3273	Yes	****	
SES vs. NaClO	-0.2517	-0.4610 to -0.04228	Yes	*	
4					
SSF vs. SES	-0.6883	-0.8977 to -0.4790	Yes	****	
SSF vs. NaClO	-1.307	-1.516 to -1.097	Yes	****	
SES vs. NaClO	-0.6183	-0.8277 to -0.4090	Yes	****	

Tabla B24.-Evaluación de pH en fresas tratadas mediante aspersión e inmersión

	Repetición	Aspersión			Inmersión		
		SSF	NaClO	SES	SSF	NaClO	SES
Día 0	1	3.75	3.66	3.72	3.69	3.69	3.68
	2	3.75	3.68	3.74	3.68	3.68	3.67
	3	3.75	3.68	3.75	3.69	3.69	3.67
	4	3.74	3.66	3.73	3.68	3.68	3.66
	5	3.73	3.67	3.73	3.68	3.68	3.65
	6	3.74	3.67	3.74	3.69	3.69	3.65
	7	3.73	3.67	3.73	3.68	3.68	3.79
	8	3.73	3.66	3.73	3.68	3.68	3.70
	9	3.73	3.66	3.73	3.69	3.69	3.69
	Promedio	3.74	3.67	3.73	3.68	3.68	3.68
	DE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
CV	0.23	0.23	0.23	0.14	0.14	1.17	
Día 1	1	3.80	3.74	3.77	3.79	3.81	3.68
	2	3.74	3.74	3.77	3.79	3.82	3.67
	3	3.75	3.80	3.76	3.77	3.83	3.69
	4	3.79	3.73	3.78	3.81	3.80	3.71
	5	3.75	3.73	3.76	3.81	3.81	3.70
	6	3.73	3.76	3.77	3.79	3.83	3.69
	7	3.78	3.72	3.76	3.80	3.80	3.72
	8	3.74	3.72	3.75	3.80	3.81	3.71
	9	3.74	3.73	3.75	3.80	3.82	3.70
	Promedio	3.76	3.74	3.76	3.80	3.81	3.70
	DE	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02
CV	0.68	0.67	0.27	0.33	0.30	0.43	
Día 2	1	3.84	3.74	3.87	3.91	3.85	3.75
	2	3.85	3.78	3.90	3.93	3.88	3.78
	3	3.85	3.78	3.87	3.94	3.88	3.76
	4	3.83	3.74	3.86	3.92	3.86	3.75
	5	3.84	3.77	3.89	3.92	3.87	3.76
	6	3.84	3.76	3.86	3.92	3.87	3.77
	7	3.83	3.73	3.87	3.92	3.86	3.79
	8	3.84	3.76	3.88	3.92	3.86	3.78
	9	3.83	3.75	3.87	3.93	3.86	3.77
	Promedio	3.84	3.76	3.87	3.92	3.87	3.77
	DE	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
CV	0.20	0.48	0.34	0.22	0.26	0.37	
Día 3	1	3.90	3.93	3.94	3.95	3.98	3.86
	2	3.90	3.93	3.95	3.95	3.85	3.85
	3	3.91	3.95	3.94	3.95	3.87	3.84
	4	3.89	3.92	3.93	3.93	3.97	3.87
	5	3.89	3.92	3.94	3.93	3.86	3.88
	6	3.90	3.92	3.93	3.94	3.86	3.86
	7	3.88	3.92	3.93	3.93	3.96	3.88
	8	3.88	3.91	3.93	3.93	3.85	3.87
	9	3.89	3.93	3.93	3.93	3.86	3.86
	Promedio	3.89	3.93	3.94	3.94	3.90	3.86
	DE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01
CV	0.26	0.29	0.18	0.25	1.45	0.34	
Día 4	1	3.88	4.05	3.95	3.95	3.95	3.88
	2	3.92	4.07	3.93	3.94	3.93	3.88
	3	3.90	4.09	3.92	3.93	3.92	3.89
	4	3.87	4.07	3.94	3.97	3.94	3.88
	5	3.92	4.08	3.92	3.98	3.92	3.87
	6	3.89	4.09	3.93	3.97	3.93	3.90
	7	3.87	4.07	3.93	3.95	3.93	3.89
	8	3.92	4.07	3.90	3.94	3.90	3.89
	9	3.88	4.08	3.92	3.95	3.92	3.89
	Promedio	3.90	4.07	3.93	3.95	3.96	3.89
	DE	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
CV	0.55	0.30	0.36	0.42	0.27	0.23	

Figura B17. ANOVA de dos factores para la evaluación de pH entre días y tratamientos aplicados por aspersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	17.07	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	80.48	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	0.7287	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	0.2598	8	0.03247	F (8, 120) = 149.4	P<0.0001
Row Factor	1.224	4	0.3061	F (4, 120) = 1408	P<0.0001
Column Factor	0.01109	2	0.005543	F (2, 120) = 25.50	P<0.0001
Residual	0.02609	120	0.0002174		

Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary
0				
SSF vs. SES	0.005556	-0.01094 to 0.02205	No	ns
SSF vs. NaClO	0.07111	0.05462 to 0.08761	Yes	****
SES vs. NaClO	0.06556	0.04906 to 0.08205	Yes	****
1				
SSF vs. SES	-0.005556	-0.02205 to 0.01094	No	ns
SSF vs. NaClO	0.01667	0.0001715 to 0.03316	Yes	*
SES vs. NaClO	0.02222	0.005727 to 0.03872	Yes	**
2				
SSF vs. SES	-0.03556	-0.05205 to -0.01906	Yes	****
SSF vs. NaClO	0.08222	0.06573 to 0.09872	Yes	****
SES vs. NaClO	0.1178	0.1013 to 0.1343	Yes	****
3				
SSF vs. SES	-0.04222	-0.05872 to -0.02573	Yes	****
SSF vs. NaClO	-0.03222	-0.04872 to -0.01573	Yes	****
SES vs. NaClO	0.01000	-0.006495 to 0.02650	No	ns
4				
SSF vs. SES	-0.03222	-0.04872 to -0.01573	Yes	****
SSF vs. NaClO	-0.1800	-0.1965 to -0.1635	Yes	****
SES vs. NaClO	-0.1478	-0.1643 to -0.1313	Yes	****

Figura B18. ANOVA de dos factores para la evaluación de pH entre días y tratamientos aplicados por inmersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	5.761	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	77.19	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	12.37	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	0.08043	8	0.01005	F (8, 120) = 18.50	P<0.0001
Row Factor	1.078	4	0.2694	F (4, 120) = 495.7	P<0.0001
Column Factor	0.1727	2	0.08637	F (2, 120) = 158.9	P<0.0001
Residual	0.06522	120	0.0005435		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SSF vs. SES	0.000	-0.02608 to 0.02608	No	ns	
SSF vs. NaClO	0.001111	-0.02497 to 0.02719	No	ns	
SES vs. NaClO	0.001111	-0.02497 to 0.02719	No	ns	
1					
SSF vs. SES	0.09889	0.07281 to 0.1250	Yes	****	
SSF vs. NaClO	-0.01889	-0.04497 to 0.007192	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.1178	-0.1439 to -0.09170	Yes	****	
2					
SSF vs. SES	0.1556	0.1295 to 0.1816	Yes	****	
SSF vs. NaClO	0.05778	0.03170 to 0.08386	Yes	****	
SES vs. NaClO	-0.09778	-0.1239 to -0.07170	Yes	****	
3					
SSF vs. SES	0.07444	0.04836 to 0.1005	Yes	****	
SSF vs. NaClO	0.04222	0.01614 to 0.06830	Yes	***	
SES vs. NaClO	-0.03222	-0.05830 to -0.006141	Yes	*	
4					
SSF vs. SES	0.08222	0.05614 to 0.1083	Yes	****	
SSF vs. NaClO	-0.007778	-0.03386 to 0.01830	No	ns	
SES vs. NaClO	-0.09000	-0.1161 to -0.06392	Yes	****	

Tabla B25.-Evaluación de acidez titulable en fresas tratadas mediante aspersión e inmersión

	Repetición	Aspersión			Inmersión		
		SSF	NaClO	SES	SSF	NaClO	SES
Día 0	1	0.6447	0.5845	0.5896	0.6481	0.6209	0.7095
	2	0.6193	0.5912	0.5862	0.6519	0.6180	0.7068
	3	0.6435	0.6181	0.5892	0.6492	0.6189	0.7091
	Promedio	0.6358	0.5979	0.5883	0.6497	0.6185	0.7084
	DE	0.014	0.018	0.002	0.002	0.001	0.001
	CV	2.25	2.97	0.318	0.30	0.24	0.21
Día 1	1	0.5914	0.5914	0.5620	0.5914	0.5914	0.6506
	2	0.6211	0.5914	0.5620	0.6211	0.6173	0.6211
	3	0.5915	0.6211	0.5620	0.6210	0.6482	0.6211
	Promedio	0.6014	0.6013	0.5620	0.6112	0.6190	0.6309
	DE	0.017	0.017	0.000	0.017	0.028	0.017
	CV	2.85	2.85	0.00	2.80	4.59	2.70
Día 2	1	0.5916	0.5916	0.5619	0.5619	0.5914	0.6210
	2	0.5915	0.5915	0.5619	0.5619	0.6173	0.6211
	3	0.5915	0.6211	0.5619	0.5618	0.6173	0.6209
	Promedio	0.5915	0.6014	0.5619	0.5619	0.6087	0.6210
	DE	0.000	0.0	0.000	0.000	0.015	0.000
	CV	0.01	2.84	0.01	0.02	2.46	0.02
Día 3	1	0.5591	0.5854	0.5546	0.4993	0.5617	0.5880
	2	0.5569	0.5582	0.5291	0.5002	0.5312	0.6206
	3	0.5611	0.5534	0.5573	0.4981	0.5871	0.5876
	Promedio	0.5590	0.5657	0.5470	0.4992	0.5600	0.5987
	DE	0.002	0.017	0.016	0.001	0.028	0.019
	CV	0.38	0.00	2.84	0.21	5.00	3.16
Día 4	1	0.5324	0.5618	0.5323	0.5028	0.5324	0.5615
	2	0.5618	0.5620	0.5323	0.5024	0.5324	0.5912
	3	0.5618	0.5619	0.5321	0.5028	0.5027	0.5619
	Promedio	0.5520	0.5619	0.5323	0.5027	0.5225	0.5715
	DE	0.017	0.000	0.000	0.000	0.017	0.017
	CV	0.00	0.02	0.02	0.05	3.28	2.98

Figura B19. ANOVA de dos factores para la evaluación de acidez entre días y tratamientos aplicados por aspersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	9.647	0.0198	*	Yes	
Row Factor	55.95	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	21.41	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	0.003564	8	0.0004455	F (8, 30) = 2.784	P=0.0198
Row Factor	0.02067	4	0.005168	F (4, 30) = 32.29	P<0.0001
Column Factor	0.007909	2	0.003955	F (2, 30) = 24.71	P<0.0001
Residual	0.004801	30	0.0001600		

Tukey's multiple cor	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary
0				
SSF vs. SES	0.04943	0.02397 to 0.07490	Yes	***
SSF vs. NaClO	0.03983	0.01437 to 0.06530	Yes	**
SES vs. NaClO	-0.009600	-0.03507 to 0.01587	No	ns
1				
SSF vs. SES	0.03933	0.01387 to 0.06480	Yes	**
SSF vs. NaClO	3.333e-005	-0.02543 to 0.02550	No	ns
SES vs. NaClO	-0.03930	-0.06477 to -0.01383	Yes	**
2				
SSF vs. SES	0.02963	0.004168 to 0.05510	Yes	*
SSF vs. NaClO	-0.009867	-0.03533 to 0.01560	No	ns
SES vs. NaClO	-0.03950	-0.06497 to -0.01403	Yes	**
3				
SSF vs. SES	0.008700	-0.01677 to 0.03417	No	ns
SSF vs. NaClO	-0.006633	-0.03210 to 0.01883	No	ns
SES vs. NaClO	-0.01533	-0.04080 to 0.01013	No	ns
4				
SSF vs. SES	0.01977	-0.005698 to 0.04523	No	ns
SSF vs. NaClO	-0.009900	-0.03537 to 0.01557	No	ns
SES vs. NaClO	-0.02967	-0.05513 to -0.004202	Yes	*

Figura B20. ANOVA de dos factores para la evaluación de acidez entre días y tratamientos aplicados por inmersión

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	8.705	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	66.18	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	20.40	<0.0001	****	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	0.01238	8	0.001548	F (8, 30) = 6.930	P<0.0001
Row Factor	0.09415	4	0.02354	F (4, 30) = 105.4	P<0.0001
Column Factor	0.02903	2	0.01451	F (2, 30) = 64.97	P<0.0001
Residual	0.006702	30	0.0002234		
Tukey's multiple comparisons	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	
0					
SFF vs. SES	-0.05873	-0.08882 to -0.02865	Yes	***	
SFF vs. NaClO	0.03047	0.0003815 to 0.06055	Yes	*	
SES vs. NaClO	0.08920	0.05911 to 0.1193	Yes	****	
1					
SFF vs. SES	-0.01977	-0.04985 to 0.01032	No	ns	
SFF vs. NaClO	-0.007800	-0.03789 to 0.02229	No	ns	
SES vs. NaClO	0.01197	-0.01812 to 0.04205	No	ns	
2					
SFF vs. SES	-0.05913	-0.08922 to -0.02905	Yes	***	
SFF vs. NaClO	-0.04680	-0.07689 to -0.01671	Yes	**	
SES vs. NaClO	0.01233	-0.01775 to 0.04242	No	ns	
3					
SFF vs. SES	-0.09953	-0.1296 to -0.06945	Yes	****	
SFF vs. NaClO	-0.06080	-0.09089 to -0.03071	Yes	****	
SES vs. NaClO	0.03873	0.008648 to 0.06882	Yes	**	
4					
SFF vs. SES	-0.06887	-0.09895 to -0.03878	Yes	****	
SFF vs. NaClO	-0.01983	-0.04992 to 0.01025	No	ns	
SES vs. NaClO	0.04903	0.01895 to 0.07912	Yes	**	