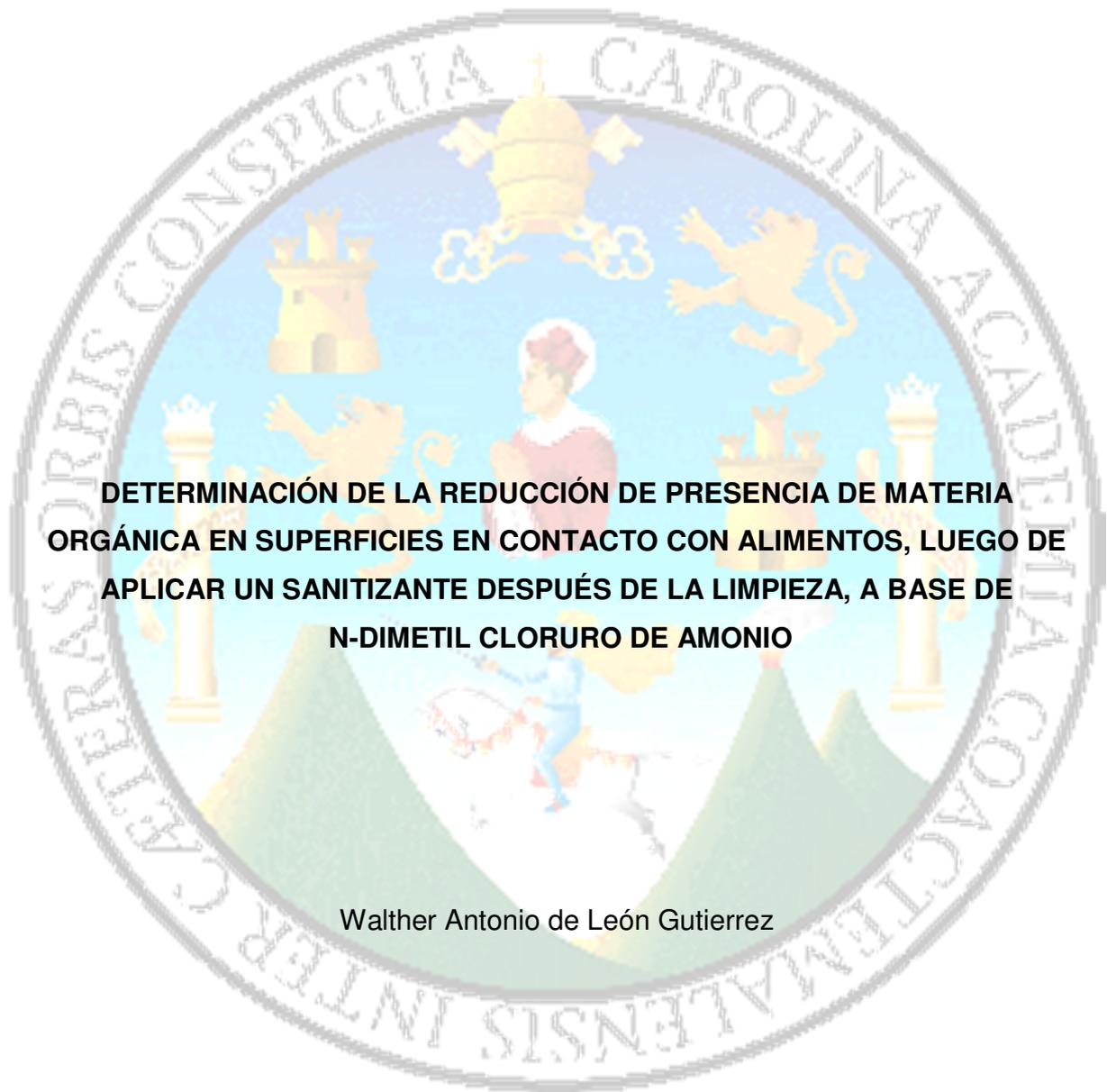


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE PRESENCIA DE MATERIA
ORGÁNICA EN SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS, LUEGO DE
APLICAR UN SANITIZANTE DESPUÉS DE LA LIMPIEZA, A BASE DE
N-DIMETIL CLORURO DE AMONIO**

Walther Antonio de León Gutierrez

Maestría en Gestión de la Calidad con Especialización en Inocuidad de Alimentos

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE PRESENCIA DE MATERIA
ORGÁNICA EN SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS, LUEGO DE
APLICAR UN SANITIZANTE DESPUÉS DE LA LIMPIEZA, A BASE DE
N-DIMETIL CLORURO DE AMONIO**

Trabajo de graduación presentado por
Walther Antonio de León Gutierrez

Para optar el grado de Maestría en Artes
Maestría en Gestión de la Calidad con Especialización en Inocuidad de Alimentos

Guatemala, agosto de 2018

JUNTA DIRECTIVA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Dr. Rubén Dariel Velázquez Miranda	DECANO
MA. Elsa Julieta Salazar de Ariza	SECRETARIA
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	VOCAL I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	VOCAL II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	VOCAL III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	VOCAL IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	VOCAL V

CONSEJO ACADÉMICO

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Rubén Dariel Velásquez Miranda, Ph.D.

María Ernestina Ardón Quezada MSc.

Jorge Mario Gómez Castillo, MA.

Clara Aurora García González, MA.

Silvia María Morales, MSc.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de graduación expone los resultados experimentales obtenidos, luego de la verificación de la limpieza y sanitización en una planta procesadora de alimentos ubicada en Villa Nueva, Guatemala. En donde, se hizo énfasis en el proceso de cocimiento de frijol volteado.

Durante el proceso experimental se realizó el análisis de bioluminiscencia antes y después de la limpieza y sanitización de tres superficies: pared de marmita de cocimiento de frijol, mezclador de marmita de cocimiento de frijol y manguera de descargue de frijol cocido, en un lapso de tres semanas. Los resultados se utilizaron para determinar gráficamente el nivel de disminución de materia orgánica y, comprobar con ello, sí el proceso de sanitización fue o no efectivo.

Para la sanitización se manejó un químico a base de n-dimetil cloruro de amonio de una casa comercial reconocida en Guatemala. El amonio de quinta generación, como genéricamente se conoce, es un sanitizante con alto espectro microbicida utilizado en la industria de alimentos para eliminar microorganismos y crear una capa protectora; con el fin de complementar el proceso de limpieza.

En la realización experimental se tomaron en cuenta, tanto los antecedentes como la metodología expuesta en el presente informe, los cuales fueron la base para determinar el procedimiento experimental a realizar.

La sección de resultados e interpretación de los mismos detalla cuantitativamente los objetivos propuestos, en donde se determinó la reducción de presencia de materia orgánica luego de la aplicación del sanitizante a base de n-dimetil cloruro de amonio, como complemento del proceso de limpieza. En los gráficos se expone la reducción, antes y después de la sanitización.

Se analizó también el nivel de limpieza alcanzado en función a la escala manejada por el equipo de bioluminiscencia BioControl, donde cinco es sucio y, debajo de dos punto cinco es limpio. Todos los resultados finales obtenidos se encuentran por debajo del dos punto cinco.

De acuerdo a los resultados se concluyó que la concentración utilizada del sanitizante según los parámetros permitidos por el Código Federal de Regulaciones de Food & Drug Administration (FDA, por sus siglas en inglés), permitió obtener una sanitización efectiva debido a que la reducción de presencia de materia orgánica disminuyó notablemente desde 5000url hasta valores por debajo de los 15url.

Finalmente, es importante la utilización de equipo de protección personal al momento de utilizar químicos, debido que el uso prolongado de dichas sustancias puede causar daños a la salud del personal. Asimismo, se debe utilizar la concentración adecuada de sanitizante, ya que por debajo de dicha concentración, la sanitización es ineficiente y, por encima puede ser considerada contaminación química.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
	A. Materia orgánica en superficies en contacto con alimentos	2
	B. Métodos y procedimientos de Limpieza	2
	1. Programas de limpieza y desinfección.....	3
	2. Limpieza y desinfección del lugar	3
	C. Desinfectantes a base de amonio cuaternario.....	6
	1. Sanitizantes a base de n-dimetil cloruro de amonio.....	7
	2. Ventajas y desventajas de los sanitizantes a base de n-dimetil cloruro de amonio	8
	3. Control de eficiencia	8
	D. Bioluminiscencia en el control de higiene.....	9
	1. Herramientas para el monitoreo de higiene	10
	2. Equipo de bioluminiscencia ATP.....	13
	E. Código Federal de Regulaciones de FDA	15
	1. Título 21 del CFR.....	15
III.	JUSTIFICACIÓN	16
IV.	OBJETIVOS	17
	A. Objetivo General.....	17
	B. Objetivos Específicos	17
V.	METODOLOGÍA.....	18
	A. Variables	18
	1. Variables de control	18
	2. Variables Independientes.....	18
	3. Variables de medición química y biológica	19
	4. Variables de medición de equipo de bioluminiscencia.....	19
	5. Variables de medición de escala de validación.....	19
	B. Delimitación del campo de estudio	19

C.	Recursos materiales.....	20
1.	Químicos.....	20
2.	Equipos analíticos.....	20
3.	Equipos a analizar	20
D.	Técnica cuantitativa.....	20
E.	Recolección y ordenamiento de la información	20
F.	Determinación de corridas a realizar en el proceso experimental	21
G.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	21
H.	Análisis estadístico	23
I.	Plan de análisis de los resultados	24
1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables.....	24
2.	Programas a utilizar para análisis de datos	24
J.	Diagrama de flujo del proceso experimental	25
VI.	RESULTADOS	26
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
VIII.	CONCLUSIONES.....	32
IX.	RECOMENDACIONES	33
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
XI.	ANEXOS	37
A.	Imágenes de pruebas experimentales.....	37
1.	Imágenes de primera corrida	37
2.	Imágenes de segunda corrida.....	40
3.	Imágenes de tercera corrida	42

I. INTRODUCCIÓN

La inocuidad es un proceso fundamental en las industrias alimentarias, debido a que con ello se garantiza que los alimentos procesados o no procesados no causarán daño a la salud del consumidor. Para avalar dicho aspecto es fundamental una limpieza y sanitización efectiva en la planta de producción.

Existe gran cantidad de detergentes y sanitizantes utilizados para la limpieza industrial; pero, no todos cumplen con los parámetros mundiales permitidos. El Código de Regulaciones Federales de Food & Drug Administration (FDA, por sus siglas en inglés), es el normativo vigente para toda América en cuanto a la determinación de químicos y sanitizantes en la industria alimentaria, donde se sugiere la cantidad de químico a utilizar para garantizar la remoción de suciedad y microorganismos patógenos y, no generar contaminación química, debido a que si se aplican en cantidades elevadas la limpieza puede desencadenar contaminación.

Para comprobar que la limpieza y sanitización ha sido efectiva, se suele utilizar un análisis inmediato de bioluminiscencia, el cual proporciona un cálculo para determinar si luego de dicho proceso, existe o no presencia de materia orgánica, como suciedad. Si el resultado indica que todavía hay presencia de materia orgánica, demuestra que la limpieza no fue efectiva, mientras que si el resultado indica valores dentro del rango determinado, la limpieza y sanitización realizada ha sido positiva permitiendo continuar con el proceso de producción de alimentos.

La limpieza con sanitización es 99.999% eficaz, debido a que se elimina o reduce a niveles aceptables los microorganismos patógenos en una superficie. Con este proceso complementario se garantiza la inocuidad de los alimentos que se están manipulando.

II. ANTECEDENTES

A. Materia orgánica en superficies en contacto con alimentos

Las superficies en contacto con alimentos deben mantenerse en adecuado estado de conservación para facilitar todos los procedimientos de limpieza y desinfección, garantizando la seguridad y prevención de contaminación de alimentos por agentes físicos, químicos o biológicos.

La limpieza debe remover los residuos de alimentos y suciedades que puedan ser fuente de contaminación. Los métodos de limpieza y los materiales adecuados dependen de la naturaleza del alimento. Debe realizarse una desinfección después de la limpieza (Importancia del control higiénico de las superficies alimentarias, 2006).

B. Métodos y procedimientos de Limpieza

La limpieza puede realizarse con el uso individual o combinado de métodos físicos (como restregado) y métodos químicos que utilicen detergentes alcalinos o ácidos.

Cuando se realiza limpieza y desinfección, generalmente ello incluye:

- Limpieza a seco
- Enjuague previo (rápido)
- Aplicación de detergente (puede incluir restregado)
- Enjuague posterior
- Aplicación de desinfectante

Una vez limpias, las superficies de contacto con alimentos deben ser desinfectadas para eliminar, o por lo menos disminuir a las concentraciones adecuadas, las bacterias patógenas.

1. Programas de limpieza y desinfección

Los programas de limpieza y desinfección deben garantizar la higiene adecuada de todo el establecimiento, así como del propio equipo usado para limpieza y desinfección.

Los programas de limpieza y desinfección deben supervisarse de forma continua y eficaz para verificar su adecuación y eficiencia. Deben ser documentados especificando:

- áreas, partes del equipo y utensilios que deben limpiarse y desinfectarse;
- responsable para las tareas específicas;
- método y frecuencia de limpieza; y desinfección
- organización de la supervisión.

Cuando corresponda, los programas deben ser elaborados con consulta a asesores especializados (Limpieza y Desinfección de instalaciones, 2016).

2. Limpieza y desinfección del lugar

El operario debe poseer un programa de limpieza y desinfección escrito, que especifique las áreas que deben limpiarse, los métodos de limpieza, la persona responsable y la frecuencia de la actividad. El documento debe indicar los procedimientos necesarios durante el procesamiento (por ejemplo, la remoción de residuos en intervalos entre los turnos).

a) Limpieza

Su objetivo es la remoción de la suciedad visible, por ejemplo: restos de alimentos, polvo, grasa, basura o materia orgánica en general. Un proceso de limpieza adecuado permitirá seguir con la etapa complementaria, que es la sanitización. (IDEA FSI, 2013)

b) Sanitización

Es la adecuada eliminación de determinados microorganismos nocivos mediante actuación sobre su estructura y metabolismo con objeto de impedir su transmisión, no se destruyen necesariamente todos los microorganismos, pero reduce su número a un nivel aceptable para determinados fines, que no resulte nocivo para la salud, ni perjudique la calidad de los alimentos perecederos. (Tecnología de los alimentos, seguridad alimentaria, 2017)

(1) Agentes sanitizantes

Existen diversos desinfectantes químicos disponibles en el mercado. Pueden o no necesitar enjuague antes de iniciar el proceso, dependiendo del tipo utilizado y de su concentración. Todos deben estar aprobados para uso en establecimientos de alimentos y deben prepararse y aplicarse según las indicaciones del fabricante.

(2) Requisitos que debe de cumplir un sanitizante

- No debe producir olor/sabor/color extraño al ser absorbido o reaccionar con el alimento.
- No de ser tóxico a las dosis de empleo.
- No ejercer una acción perjudicial sobre las superficies a tratar.
- Ser efectivo en las condiciones de temperatura, tiempo de contacto, pH y grado de contaminación en el que debe ser utilizado.
- Debe ser estable y fácilmente soluble en agua.
- Baja relación costo/eficiencia.
- Ser eficaz sobre el espectro microbida a tratar.
- Ser eficaz en cualquiera que sea la calidad del agua empleada e incluso en presencia de materia orgánica.
- Conseguir la destrucción de gérmenes en un corto espacio de tiempo (Requisitos de un sanitizante, 1989).

(3) Mecanismo de acción de los sanitizantes

Para la deseada reacción entre el sanitizante y los gérmenes a combatir, es un requisito importante el contacto entre ambos, lo que permite que tenga lugar el proceso de la destrucción. Se pueden distinguir dos fases, que discurren consecutivamente (Desinfectantes españoles para el siglo XXI, 2000).

- Primera Fase: Debe de asegurarse el contacto directo de la solución sanitizante con los microorganismos. La finalidad de las operaciones de limpieza es hacer a los químicos sanitizantes accesibles a los gérmenes.
- Segunda Fase: El proceso de interacción y/o penetración del sanitizante con el microorganismo. En ella, las moléculas del principio activo deben tener acceso a los componentes celulares vitales de los gérmenes. El contacto exterior comienza con una adsorción y adhesión, favorecida en parte por cargas eléctricas de signo contrario y en parte por grupos moleculares o grupos marginales complementarios (Mode of action desinfectants, 1995)

(4) Factores que afectan la acción de los sanitizantes

Los factores que influyen en la sanitización son:

1. Tipo de microorganismos: Las formas más resistentes son las esporas bacterianas y fúngicas, les siguen los hongos, cocos gram positivos, bacilos gram positivos y los bacilos gram negativos.
2. Número de microorganismos: Sí la carga microbiana es elevada, se necesita una cantidad superior de sanitizante o un tiempo mayor de contacto para conseguir un determinado nivel de sanitización. Es por ello la necesidad de una limpieza previa a la aplicación de sanitizante.
3. Tiempo de actuación y concentración del producto: Generalmente al aumentar el tiempo de contacto, aumenta la tasa de letalidad. El tiempo de contacto es uno de los factores críticos para asegurar la desinfección.,

generalmente el tiempo de contacto experimentalmente es de 5 minutos (Journal of apply bacteriology, 1998).

4. Otras sustancias: jabones y detergentes, pueden reaccionar con el desinfectante neutralizándolo.
5. Superficie de actuación. La principal limitación de los sistemas de limpieza reside en los problemas de acceso a zonas con ranuras, grietas, puntos ciegos, manchas de corrosión entre otros. Las irregularidades de las superficies permitirán el alojamiento de microorganismos y de materia prima orgánica, y por lo tanto han de necesitar una limpieza a fondo, pero se deberá guardar un cierto equilibrio entre la intensidad de la limpieza y el mantenimiento de los instrumentos (J.A., 1993).

El diseño higiénico de las superficies y equipos de procesado debería estar basado en una sólida combinación de ingeniería mecánica y de proceso, así como de conocimientos microbiológicos. Los requisitos higiénicos se deberían de adoptar en la fase inicial de desarrollo de los equipos y de los componentes porque actualizar o modificar los diseños existentes resulta frecuentemente caro (Influence of surface finish on the cleanability of stainless steel, 2001).

C. Desinfectantes a base de amonio cuaternario

Los compuestos de amonio cuaternario, a veces conocidos como “quats”, necesitan un tiempo de exposición relativamente largo para eliminar un número significativo de microorganismos. Sin embargo, eso no siempre es un problema, pues son muy estables y siguen eliminando bacterias por más tiempo, cuando la mayoría de los otros desinfectantes ya perdieron su eficiencia. Debido a ese efecto residual, aún en presencia de algo de suciedad, frecuentemente son seleccionados para usar en pisos y superficies frías. Son bastante eficaces contra la *Listeria monocytogenes* y generalmente se usan en establecimientos que elaboran productos listos para consumo.

Los "quats" también pueden ser selectivos para los tipos de microorganismos que eliminan. Algunos elaboradores de alimentos que cambiaron a los "quats" tuvieron problemas con la aparición de coliformes u organismos ambientales nocivos (Limpieza y Desinfección de instalaciones, 2016).

1. Sanitizantes a base de n-dimetil cloruro de amonio

Los compuestos de amonio cuaternario representan una familia de químicos antimicrobianos, considerados como agentes activos catiónicos potentes en cuanto a su actividad desinfectante, debido a que son activos para eliminar bacterias gram positivas y gram negativas, aunque éstas últimas en menor grado. Son bactericidas, fungicidas y virucidas. Su actividad la desarrollan tanto sobre el medio ácido como alcalino, aunque en este último muestra mejores acciones. Son compatibles con tensoactivos catiónicos, no iónicos y anfóteros (QuimiNet, 2006).

Son generalmente incoloros o amarillentos, no irritantes y desodorantes. Por su estructura química a bajas temperaturas tienden a "gelarse" pero recuperan su estado líquido al entibiarlos. También tienen una acción detergente y son solubles en agua y alcohol. Tienen como estructura básica al ión amonio (NH_4^+), la cual, al ser modificada, da lugar a diferentes generaciones.

Los amonios cuaternarios de quinta generación son mezclas de la cuarta generación con la segunda generación, es decir: Cloruro de didecil dimetil amonio más cloruro de alquil dimetil bencil amonio más Cloruro de alquil dimetil etilbencil amonio, otras variedades según las formulaciones. La Quinta generación tiene un desempeño mayor germicida en condiciones hostiles y es de uso seguro (Desinfectantes: características y usos más frecuentes, 1999).

La aplicación de los cuaternarios se extiende a diversos ámbitos, entre ellos para:

- Saneamiento general de utensilios y equipos.

- Desinfección en plantas procesadoras de carne y alimentos, lecherías e industrias conexas.
- Para el control de algas en piscinas y sistemas industriales de recirculación de aguas.
- Antisépticos para la desinfección de piel y ubres de vacas, así como de las manos del personal encargado de la ordeña.
- Para el control de biofilms de origen bacteriano encontradas comúnmente en procesos industriales (Journal of food protection, 1997).

2. Ventajas y desventajas de los sanitizantes a base de n-dimetil cloruro de amonio

Entre las ventajas de estos sanitizantes se puede encontrar:

- Inodoros e incoloros.
- Estables en presencia de materia orgánica.
- Resistentes a la corrosión de metales.
- Estables ante fluctuaciones de temperatura.
- No irrita la piel.
- Eficaces con pH alto.
- Efectivos ante el crecimiento de mohos.
- No tóxicos.
- Buenos surfactantes.

En función a las desventajas se puede mencionar:

- Eficiencia limitada frente a la mayoría de los gérmenes gram negativos.
- Incompatibles con detergentes sintéticos aniónicos (Marriot, 1999).

3. Control de eficiencia

Es necesario supervisar periódicamente el sistema de limpieza y desinfección para verificar su eficiencia, por medio de inspecciones previas o de

análisis microbiológicos del medio ambiente y de las superficies en contacto con los alimentos.

Las pruebas microbiológicas son relativamente lentas y no revelan problemas a tiempo de prevenirlos. Algunas alternativas recientes, como la bioluminiscencia, se están usando en la industria procesadora de alimentos. La bioluminiscencia está basada en la reacción enzimática causante de la luz de la luciérnaga. En este proceso, la intensidad luminosa es proporcional a la cantidad de materia orgánica y de bacterias encontradas en la superficie de prueba (Organización Panamericana de la Salud, 2016).

D. Bioluminiscencia en el control de higiene

Este tipo de tecnología ha tenido grandes avances en los últimos años, y cada vez es más adoptada como herramienta para la verificación de higiene, puesto que puede utilizarse durante el procesamiento de alimentos. Esta prueba está basada en la detección de materia orgánica adenosín trifosfato (ATP), que estará presente en todas las células vivas. Asimismo, supera en tiempos a los métodos microbiológicos tradicionales.

Uno de los factores más importantes que repercute directamente en la calidad y seguridad de los alimentos es el ambiente en el que son producidos. Es esencial garantizar que éstos no representan riesgos para la salud de los consumidores, es decir, ausencia de microorganismos patógenos, así como también es importante cumplir con las características de calidad adecuadas y con niveles aceptables de microorganismos que no afecten la vida útil de los productos.

Dado que las plantas de producción de alimentos propician condiciones adecuadas para la proliferación de microorganismos, es vital poder garantizar la eficiencia de los sistemas de sanitización implementados, ya que una de las causas más comunes de contaminación microbiológica es un inadecuado proceso de limpieza y sanitización. Cuando el objetivo de estos procesos es disminuir al máximo

los riesgos asociados a la seguridad y calidad del producto, resulta crítico no poder asegurar su eficiencia (Instrumentación Científico Técnica, 2016).

1. Herramientas para el monitoreo de higiene

La efectividad de la higiene ha sido tradicionalmente evaluada mediante pruebas de microbiología en la que se utilizan comúnmente hisopos, para la toma de muestras. Estas pruebas únicamente proveen información respecto a la carga de microorganismos presentes en una superficie, teniendo como mayor limitante los tiempos de respuesta, ya que se requieren períodos de incubación que varían de 24 a 72 horas, para obtener resultados sobre la higiene de las superficies. Esto resulta poco conveniente al no tener la posibilidad de garantizar la calidad y seguridad de los procesos, así como el poder llevar a cabo acciones correctivas.

Otra desventaja de los métodos microbiológicos tradicionales es que no proveen información respecto a la presencia de residuos de alimentos en las superficies, que pudieran permitir a las células de microorganismos dañadas o estresadas recuperarse y servir como nicho de crecimiento, así como también para la formación de biopelículas (International Biodeterioration and Biodegradation, 1995).

La tecnología de bioluminiscencia ha tenido grandes avances en la última década y ha sido cada vez más adoptada como herramienta para la verificación de higiene, así como para la eficacia de los procedimientos de limpieza, puesto que puede utilizarse durante el procesamiento de alimentos, y la respuesta es inmediata.

Esta prueba está basada en la detección de materia orgánica ATP, que estará presente en todas las células vivas. La prueba mide tanto el adenosín trifosfato proveniente de residuos de alimentos, así como el de microorganismos en superficies y muestras líquidas. El monitoreo se lleva a cabo en puntos críticos de la línea de producción o en aguas de enjuague en sistemas de limpieza tipo cleaning

in place (CIP) en donde, en presencia de ATP, la enzima luciferasa cataliza una reacción en la que el producto final es luz. Esta luz es medida utilizando un luminómetro, cuya unidad de medida se conoce como Unidades Relativas de Luz (URL) no siendo una unidad estandarizada que depende del equipo de bioluminiscencia que se utilice (Flourescence microscopy, 1998).

Algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta durante la realización de estas pruebas son las condiciones óptimas de desempeño, que incluyen: temperatura 18-22°C y pH 7-7.5. Las pruebas son objetivas, fáciles de usar y proveen resultados claros de aceptación o rechazo, sin requerir de personal especializado o de un laboratorio.

Las pruebas no sólo permiten identificar rápidamente un problema de higiene sino también tomar acciones correctivas inmediatas para asegurar que las áreas críticas se encuentran bajo los requerimientos de higiene adecuados, que permitan iniciar la producción. También han servido como una excelente herramienta de entrenamiento, permitiendo al personal ver clara e inmediatamente la relación entre buenas prácticas de higiene y los resultados de la prueba de higiene (Future Techniques for desinfectant efficacy testing, 1998).

Cuando se establece un sistema de monitoreo de higiene se deberán seguir diferentes acciones que permitirán su implementación:

- Identificación del punto de prueba
- Recolección de datos de referencia
- Ajuste de los niveles de URL definiendo niveles de aprobación y rechazo
- Frecuencia del muestreo
- Acciones correctivas
- Programa de mejora continua
- Gestión de datos y análisis de tendencias

Además de poder obtener un resultado rápido que permita tomar medidas correctivas, es importante también un manejo de datos adecuado que brinde la posibilidad de analizar resultados a lo largo del tiempo, ofreciendo una visión general del funcionamiento, así como también una revisión del sistema, información sumamente importante al mostrar los registros en una auditoría. Este tipo de información permite comprender la efectividad de la limpieza, otorgando más herramientas al departamento de calidad para poder alcanzar mejores resultados.

En términos generales, esta tecnología nos permite medir la efectividad de las acciones correctivas, además de permitir al área de calidad llevar a cabo un estricto control de los estándares de limpieza, que incluyen:

Identificar áreas problemáticas en donde continuamente los niveles de limpieza se encuentran fuera de los límites permitidos, llevando a cabo una verificación de la efectividad del sistema.

- Verificar si existen mejoras en los procesos de limpieza y sanitización implementados.
- Monitoreo de los procesos de limpieza y acciones correctivas debido a fallas en los resultados.
- Reducir los costos de limpieza (material y mano de obra) sin comprometer la efectividad.
- Análisis de datos de acuerdo con necesidades específicas.

Las pruebas de bioluminiscencia no han sido desarrolladas para reemplazar las pruebas de microbiología tradicional, son una herramienta complementaria que permite hacer eficientes los procesos de limpieza y sanitización durante la producción de alimentos, garantizando un monitoreo efectivo cuando se han implementado sistemas de calidad. Estas herramientas han sido adoptadas por la mayoría de las empresas líderes en la producción de alimentos, por lo que es

importante contar con información adecuada sobre los parámetros más importantes que deben tomarse en cuenta durante la selección de equipos que serán utilizados para monitorear uno de los aspectos clave en el control de calidad y seguridad de la industria de alimentos (Herrera, Guadalupe Mandragon, 2010).

2. Equipo de bioluminiscencia ATP

MVP ICON de BioControl Systems, es un luminómetro portátil multifuncional que puede ser usado para validar higiene, empleando hisopos para medir ATP residual en superficies o líquidos. También puede ser empleado con sondas para medir potencial de hidrógeno (pH), temperatura y conductividad.

El sistema ha evolucionado desde un luminómetro para monitoreo de limpieza en superficies y muestras de agua hasta un equipo multiparamétrico que permite instalarle un conjunto de sondas para mediciones de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) como pH, temperatura y concentración de productos para limpieza y saneamiento (Lightning MVP ICON System, 2017).

Imagen no. 1

Equipo Bio Control de MVP ICON



Fuente: (Serco México, 2017)

Imagen no. 2

Escala de validación de equipo Bio Control



Un sistema integral de inocuidad cuenta con un sistema de limpieza y sanitización efectivo. La presencia de Adenosin trifosfato, permiten reconocer células de residuos de alimentos y microorganismos, por lo cual es un indicador ideal de higiene.

El sistema de MVP ICON desplaza los resultados en segundos, en escala de Unidades Relativas de Luz, los resultados son generados en tres escalas: Limpio, precaución y sucio.

Fuente: (Bio Control para análisis de bioluminiscencia, 2013)

a) Características de Bio Control

- Pantalla táctil a color
- Monitoreo de limpieza en 10 segundos.
- Sensibilidad de 0.00000000015 gramos de ATP
- Totalmente portátil, ergonómico y ligero
- Software para configurar datos y transferirlos a la computadora
- Software para analiza datos con capacidad de temperatura de -20°C a 105°C
- Concentración de sanitizantes desde 10 a 200,000ppm
(Lightning MVP ICON System, 2017)

E. Código Federal de Regulaciones de FDA

El Código Federal de Regulaciones (CFR), es una codificación de las reglas generales y permanentes publicadas en el Registro Federal, por los departamentos ejecutivos y agencias del Gobierno Federal de Estados Unidos de Norte América (Electronic Code Of Federal Regulatios, 2017).

1. Título 21 del CFR

El Título 21 del CFR está reservado para las reglas de la Administración de Drogas y Alimentos (FDA por sus siglas en inglés), en especial de los sanitizantes que se utilizan en el proceso de desinfección, indicando los elementos activos que se pueden utilizar y los rangos de concentraciones adecuadas para evitar contaminación química. Cada título (o volumen) del CFR se revisa una vez cada año calendario (Code of federal Regulatios Title 21, 2017).

a) Determinación de la concentración permitida de n-dimetil cloruro de amonio para superficies en contacto con alimentos

El título 21 del CFR, parte 178 nos permite la siguiente concentración para sanitizantes a base de N-dimetil cloruro de amonio:

- Inciso b: Las soluciones consistentes en uno de los siguientes compuestos, son aprobados para sanitización.
- Sección (22) b: Las soluciones químicas que contengan n-dimetil cloruro de amonio con pesos moleculares donde N se encuentra entre (C-12 y C-18).
- Inciso c: Las soluciones indicadas en la sección b, no deben de exceder las siguientes concentraciones:
- Sección (17) c: Soluciones identificadas en el párrafo b (22) cuando estén listas para utilizar no deben de estar por debajo de las 150ppm ni por encima de las 400ppm (CFR Title 21 Part 178, Abril 2011).

III. JUSTIFICACIÓN

Garantizar la inocuidad en las industrias procesadoras de alimentos es un requisito fundamental, para ello es necesario realizar, entre varios aspectos, un proceso de limpieza y sanitización, para que se reduzca o eliminen los microorganismos patógenos de las superficies en donde se manipulan alimentos a niveles que no afecten la salud del consumidor.

Los sanitizantes a base de n-dimetil cloruro de amonio son muy aplicados en la industria alimentaria actual, debido al alto espectro microbicida que poseen, así como presentar un bajo costo. Por lo que determinar experimentalmente la reducción de presencia de materia orgánica mediante unidades relativas de luz (URL), que es análisis de respuesta inmediata a diferencia de un resultado microbiológico que puede llevar más de 24 horas, será un soporte para identificar si las superficies en contacto directo con los alimentos están limpias y, con ello, prevenir contaminación cruzada, avalando así, un alimento procesado de manera inocua. Lo anterior con base en el Código Federal de Regulaciones de Food & Drug Administration (FDA, por sus siglas en inglés), ente de referencia que determina las cantidades recomendadas de químicos sanitizantes para contacto directo con alimentos.

Con los resultados obtenidos, la empresa donde se realizó el proceso experimental, pudo determinar que el sistema de limpieza y sanitización en el área de frijol volteado fue eficaz, y con ello, garantizó inocuidad en los lotes trabajados durante el período de evaluación.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Determinar la reducción de presencia de materia orgánica en superficies en contacto con alimentos, mediante unidades relativas de luz (URL), luego de aplicar un sanitizante después de la limpieza, a base de n-dimetil cloruro de amonio, en función a los parámetros permitidos por el Código Federal de Regulaciones de la FDA.

B. Objetivos Específicos

1. Cuantificar la reducción de presencia de materia orgánica en la superficie analizada, por medio de unidades relativas de luz (URL).
2. Determinar cuantitativamente por medio de un equipo de bioluminiscencia, si las unidades relativas de luz (URL) satisfacen los parámetros de limpio o sucio, en función al resultado obtenido.
3. Comprobar con análisis de titulación, si el sanitizante a base de n-dimetil cloruro de amonio cumple con los parámetros permitidos por el Código Federal de Regulaciones de la FDA, para superficies en contacto con alimentos.

V. METODOLOGÍA

A. Variables

Las variables que tuvieron efecto sobre los resultados finales del tema de estudio se definieron por medio de estudios teóricos previos de los fenómenos y comportamientos que pudieron ocurrir durante la determinación de reducción de presencia de materia orgánica en superficies en contacto con alimentos, por medio de unidades relativas de luz, aplicando un sanitizante luego de la limpieza, a base de n-dimetil cloruro de amonio, de acuerdo a los parámetros permitidos por el Código Federal de Regulaciones de la Food & Drug Administration (FDA, por sus siglas en inglés).

1. Variables de control

Tabla No. I: Determinación de variables de control de bioluminiscencia

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores Perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Presencia de materia orgánica	Unidades relativas de luz	url		X	X	
Escala de Validación	Limpio-sucio	0-5		X	X	

Fuente: elaboración propia con base en antecedentes.

2. Variables Independientes

Tabla No. II: Determinación de variables independientes

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores Perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Concentración de n-dimetil cloruro de amonio	Partes por millón	ppm		X	X	

Fuente: elaboración propia con base en antecedentes.

3. Variables de medición química y biológica

Tabla No. III: Determinación de las variables de medición química y biológica

Variable	Dimensional		Instrumento de medición
Concentración de n-dimetil cloruro de amonio	Partes por millón	ppm	Titulación
Presencia de materia orgánica	Unidades relativas de luz	url	BioControl
Escala de validación	Limpio-sucio	0-5	BioControl

Fuente: elaboración propia con base en antecedentes.

4. Variables de medición de equipo de bioluminiscencia

Tabla No. IV: Determinación de las variables de medición con equipo Bio Control

Variable	Método de Medición
Escala de validación	Escala 0-5

Fuente: elaboración propia con base en antecedentes.

5. Variables de medición de escala de validación

Tabla No. V: Determinación de la escala de validación con equipo BioControl

0.0 – 2.5 = Limpio	2.6 – 3.0 = Precaución
3.1 – 5.0 = Sucio	

Fuente: marco teórico Imagen No. 2.

B. Delimitación del campo de estudio

- **Área:** alimentos
- **Industria:** alimentaria
- **Línea de Investigación:** químicos de limpieza en plantas procesadoras de alimentos
- **Proceso:** determinación de reducción de presencia de materia orgánica en superficies en contacto con alimentos, por medio de unidades relativas de luz, aplicando un sanitizante luego de la limpieza, a base de n-dimetil cloruro de amonio, en función a los parámetros permitidos por el Código Federal de Regulaciones de FDA.

- **Ubicación:** el proceso de análisis se llevó a cabo en una industria procesadora de alimentos ubicada en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

C. Recursos materiales

1. Químicos

- Especialidad a base de n-dimetil cloruro de amonio (10-20%)

2. Equipos analíticos

- BioControl

3. Equipos a analizar

- Superficies en contacto con alimentos: mesas, marmitas y tanques.

D. Técnica cuantitativa

El objetivo de este estudio fue de carácter cuantitativo, debido a que se identificó sí en una superficie en contacto con alimentos se redujo la cantidad de presencia orgánica, aplicando un químico para sanitizar, y sí dicha especialidad química; se encuentra en concentraciones indicadas en el Código Federal de Regulaciones de la FDA.

E. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección de información fue experimental a través del análisis de tres superficies en contacto con alimentos: pared de marmita, mezclador de la marmita y manguera de descarga en donde se procesa frijol volteado, utilizando el equipo de bioluminiscencia Biocontrol para determinar la reducción de materia orgánica luego de la limpieza y sanitización. Este estudio se realizó durante tres batch de producción, en una empresa de alimentos ubicada en Villa Nueva, Guatemala. Se manejó como base la metodología y bibliografía empleada en la presente tesis. Luego de ello se procedió a realizar los análisis gráficos pertinentes, por medio de Microsoft Excell versión 2010, para comparar los resultados obtenidos.

F. Determinación de corridas a realizar en el proceso experimental

Para determinar la cantidad de tratamientos a realizar, se asumió la probabilidad de éxito del 90%, probabilidad de fracaso de 10%, con un nivel de significancia de 4% y un error estimado de 35%, por lo que se tiene:

$$N = \frac{Z^2 PQ}{E^2}$$

Dónde:

Z = Confiabilidad

P = Probabilidad de Éxito

Q = Probabilidad de fracaso (1 -P)

E = Error estimado

N = Número de tratamientos.

Sustituyendo datos:

$$N = \frac{(1.96)^2 * 0.90 * 0.10}{(0.35)^2}$$

$$N = 2.8224 \approx 3$$

G. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Determinación de la reducción de presencia de materia orgánica en superficies en contacto con alimentos, para ello se utilizó la escala de valoración del equipo BioControl:

Imagen No. 3

Escala de Validación de Equipo Bio Control



(Bio Control para análisis de bioluminiscencia, 2013).

Dónde:

0.0 - 2.5 es Limpio

2.6 - 3.0 es Precaución

3.1 - 5.0 es Sucio

Tabla No. VI: Datos experimentales a obtener en el proceso experimental

Tratamiento	Repetición	Concentración de Sanitizante (ppm)	Unidades Relativas de Luz (url)	Escala de Validación (0.0 – 5.0)
1	1	C_o	R_o	V_o
	2	C_f	R_f	V_f
2	1	C_o	R_o	V_o
	2	C_f	R_f	V_f
2	1	C_o	R_o	V_o
	2	C_f	R_f	V_f

Fuente: elaboración propia, basado en antecedentes.

Donde:

C_o es concentración inicial

C_f es concentración final

R_o es resultado inicial

R_f es resultado final

V_o es validación inicial

V_f es validación final

H. Análisis estadístico

Se realizó el cálculo del promedio para obtener datos más exactos con las corridas inicialmente planteadas. El promedio se calculó de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Dónde:

\bar{x} = valor promedio

x_i = valor i

n = número de datos

A partir del promedio también se encontró la desviación estándar (S) que permitió observar la dispersión entre valores para una misma medición respecto al promedio.

El cálculo de la desviación estándar se representó por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dónde:

\bar{x} = valor promedio

x_i = valor i

n = número de datos

S = desviación estándar

I. Plan de análisis de los resultados

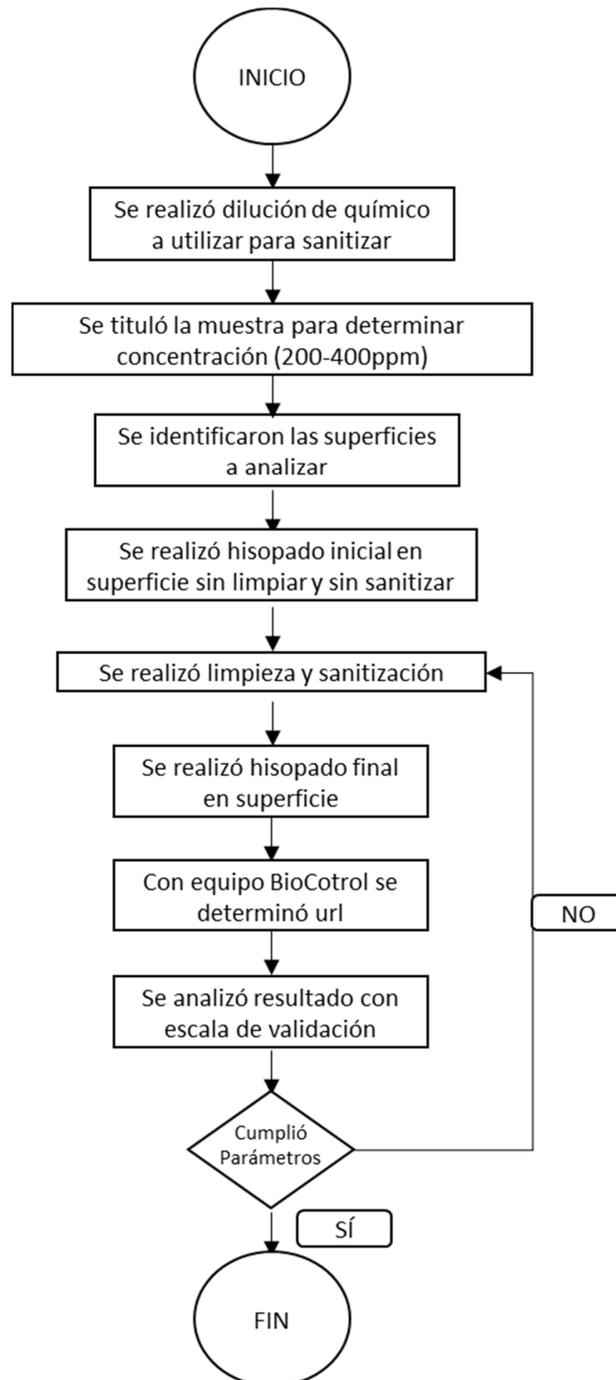
Los resultados obtenidos durante la realización de la experimentación se sometieron a un análisis con Microsoft Excell versión 2010 para obtener el comportamiento de los datos.

1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

- Método de Bioluminiscencia:
Dato de lectura digital = Compuestos en la muestra

2. Programas a utilizar para análisis de datos

- Microsoft Excel 2010:
Hoja de cálculo electrónica para facilitar operaciones matemáticas.
- Microsoft Power Point 2010:
Software utilizado para facilitar la elaboración de diagramas de flujo.

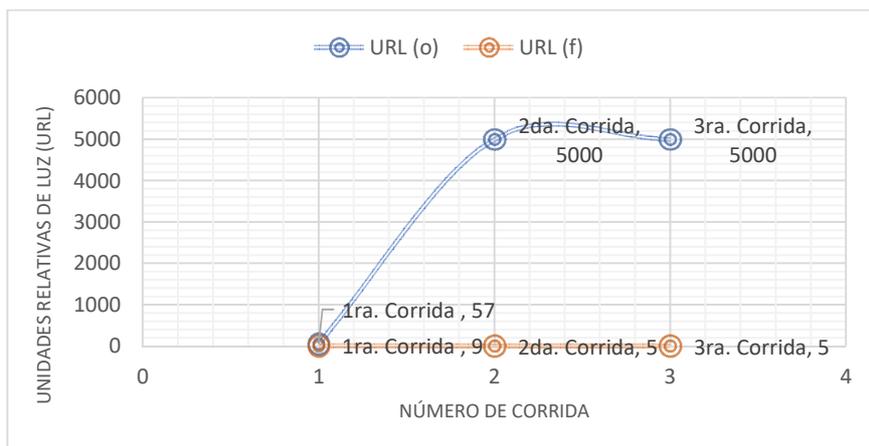
J. Diagrama de flujo del proceso experimental

Fuente: elaboración propia, basado en antecedentes.

VI. RESULTADOS

Gráfico No. 1

Comparativo de reducción de presencia de materia orgánica inicial y final, en pared de marmita de cocimiento de frijol:



Fuente: datos experimentales.

Tabla No. VII

Determinación de unidades relativas de luz (URL) en pared de marmita de cocimiento de frijol

	URL (o)	URL (f)
1ra. corrida (29-09-17)	57	9
2da. corrida (12-10-17)	5000	5
3ra. corrida (19-10-17)	5000	5

Fuente: datos experimentales.

Tabla No. VIII

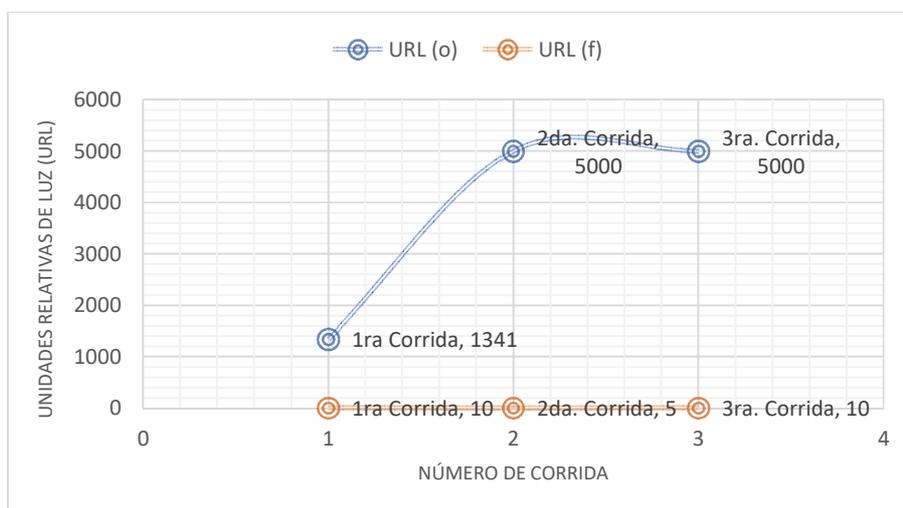
Determinación de escala de calificación en pared de marmita de cocimiento de frijol

	Calificación (o)	Calificación (f)
1ra. corrida (29-09-17)	2.8 (sucio)	1.7 (limpio)
2da. corrida (12-10-17)	5.0 (sucio)	1.3 (limpio)
3ra. corrida (19-10-17)	5.0 (sucio)	1.3 (limpio)

Fuente: datos experimentales.

Gráfico No. 2

Comparativo de reducción de presencia de materia orgánica inicial y final, en mezclador de marmita de cocimiento de frijol



Fuente: datos experimentales.

Tabla No. IX

Determinación de unidades relativas de luz (URL) en mezclador de marmita de cocimiento de frijol

	URL (o)	URL (f)
1ra. corrida (29-09-17)	1341	10
2da. corrida (12-10-17)	5000	5
3ra. corrida (19-10-17)	5000	10

Fuente: datos experimentales.

Tabla No. X

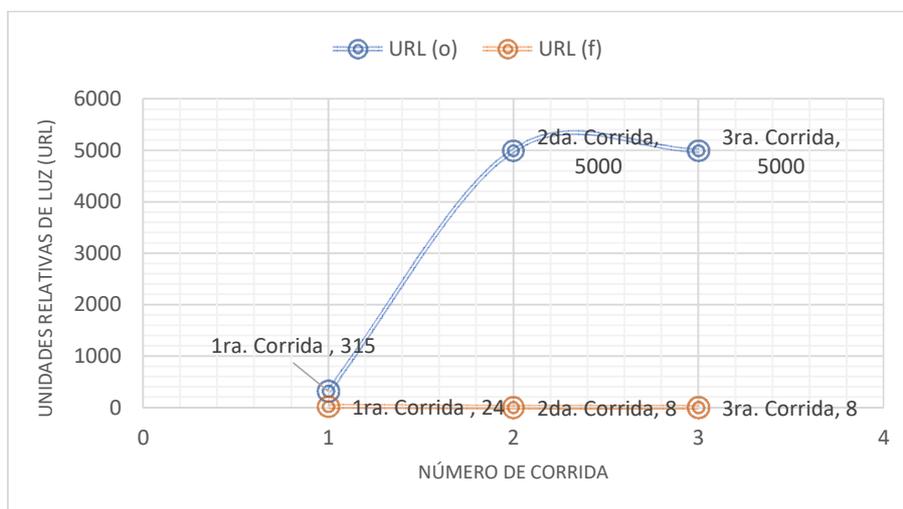
Determinación de escala de calificación en mezclador de marmita de cocimiento de frijol

	Calificación (o)	Calificación (f)
1ra. corrida (29-09-17)	4.2 (sucio)	1.7 (limpio)
2da. corrida (12-10-17)	5.0 (sucio)	1.3 (limpio)
3ra. corrida (19-10-17)	5.0 (sucio)	1.7 (limpio)

Fuente: datos experimentales.

Gráfico No. 3

Comparativo de reducción de presencia de materia orgánica inicial y final, en manguera de descarga de frijol



Fuente: datos experimentales.

Tabla No. XI

Determinación de unidades relativas de luz (URL) en manguera de descarga de frijol

	URL (o)	URL (f)
1ra. corrida (29-09-17)	315	24
2da. corrida (12-10-17)	5000	8
3ra. corrida (19-10-17)	5000	8

Fuente: datos experimentales.

Tabla No. XII

Determinación de escala de calificación en manguera de descarga de frijol

	Calificación (o)	Calificación (f)
1ra. corrida (29-09-17)	3.6 (sucio)	2.3 (limpio)
2da. corrida (12-10-17)	5.0 (sucio)	1.5 (limpio)
3ra. corrida (19-10-17)	5.0 (sucio)	1.5 (limpio)

Fuente: datos experimentales.

Tabla No. XIII

Determinación de concentración de n-dimetil cloruro de amonio

	Concentración (ppm)
1ra. corrida (29-09-17)	263 ± 8
2da. corrida (12-10-17)	385 ± 8
3ra. corrida (19-10-17)	315 ± 8

Fuente: datos experimentales.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al Gráfico No. 1 se observó el comportamiento generado después de realizar la limpieza y sanitización en la pared de la marmita de cocimiento de frijol; donde los resultados iniciales estuvieron entre 57 y 5000 url (sucio de acuerdo a la Tabla No. VIII). Para alcanzar los valores posteriores a la limpieza y sanitización entre 9 y 5 respectivamente (limpio de acuerdo a la Tabla No. VIII), esto en función a las corridas realizadas, durante el mes de octubre.

La Tabla No. VII indicó los valores en url obtenidos durante las tres corridas, donde fue notable la disminución de presencia de materia orgánica, luego de la limpieza y sanitización adquiriendo valores desde 5000 url hasta 5 url.

En el Gráfico No. 2 se determinó la conducta derivada en el mezclador de marmita de cocimiento de frijol, donde antes de la limpieza y sanitización se obtuvo valores que oscilaron entre 1341 y 5000 url (escala sucio de acuerdo a la Tabla No. X). Para generar valores finales entre 10 y 5 (escala limpio de acuerdo a la Tabla No. X). Como se observó, se manejaron valores de suciedad mayores a los de la pared de la marmita, debido a que el mezclador está en contacto con el frijol durante todo el proceso, mientras que la pared puede depender de la cantidad de frijol utilizada.

La Tabla No. IX indicó las cantidades de url generados en las tres corridas, como se observó, se generó una disminución de unidades relativas de luz desde 5000 url hasta 5 url, respectivamente.

En el Gráfico No. 3 se presentaron los resultados obtenidos en la manguera de descarga de frijol entre 315 y 5000 url (escala limpio de acuerdo a la Tabla No. XII) antes del proceso de limpieza y sanitización, para obtener valores finales entre

24 y 8, respectivamente (escala limpio de acuerdo a la Tabla No. XII). Comparando con los resultados de la pared y mezclador de la marmita se obtuvieron datos con mayor cantidad de presencia de materia orgánica, es decir, valores de url mayores, esto es producto de que es la parte final del equipo, y en este último paso la temperatura de descarga que lleva el frijol es aproximadamente 80°C, mientras que en la marmita se manejó una temperatura entre 120°C la necesaria para cocer el frijol, lo que también elimina microorganismos y materia orgánica más fácilmente.

Analizando los valores presentados en las Tablas No. VIII, X y XII, se observó que todos generaron datos en la escala de sucio (arriba de 3.0) antes de la limpieza y sanitización, para obtener valores luego de dicha etapa en escala de limpio (debajo de 2.5). Por lo que la limpieza y sanitización realizada garantizó la inocuidad en los equipos de proceso de cocimiento de frijol.

De acuerdo a la Tabla No. XIII se determinó la concentración de n-dimetil cloruro de amonio, el sanitizante utilizado luego de la limpieza. En ella se comprobó que los resultados se encontraron entre 263 y 385ppm, con una incerteza de ± 8 . En función del Código de regulaciones federales de la FDA se verificó que los datos se hallaron en el rango establecido, el cual es de: 150 y 400 ppm. (CFR Title 21 Part 178, Abril 2011).

VIII. CONCLUSIONES

1. Luego de la limpieza y sanitización se cuantificó y comprobó la reducción de presencia de materia orgánica. Los valores iniciales oscilaron entre 57 y 5000 url, en los equipos: pared de la marmita de cocimiento de frijol, mezclador de la marmita de cocimiento de frijol y manguera de descarga, respectivamente. Para generar valores finales entre 5 y 24 url.
2. Se determinó por medio del equipo de bioluminiscencia BioControl que los valores finales fluctuaron entre 5 y 24 url, los cuales generaron el resultado en la escala de limpio 1.3 y 2.3 correspondientemente (por debajo de 2.5), esto para los tres equipos analizados: pared de la marmita de cocimiento de frijol, mezclador de la marmita de cocimiento de frijol y manguera de descarga.
3. Se analizó la concentración de n-dimetil cloruro de amonio aplicada en las corridas, por medio de titulación; donde los resultados obtenidos fueron: 387, 315 y 263 \pm 8 ppm, respectivamente. Se determinó que la solución se encuentra en el rango de aceptabilidad indicado en el Código de regulaciones federales de la FDA, el cual está entre: 150 y 400 ppm. (CFR Title 21 Part 178, Abril 2011).

IX. RECOMENDACIONES

1. Utilizar equipo de protección personal al momento de estar limpiando y sanitizando: mascarilla, redecilla, guantes industriales para lavado de equipos, lentes de seguridad, botas de hule y bata o uniforme personal.
2. Identificar los químicos a aplicar en el área de proceso, por medio de etiquetas, sí se trasvasa para su manejo; que los recipientes a maniobrar estén debidamente identificados.
3. Al momento de realizar la titulación, asegurarse de llevar adecuadamente el control del titulante y el titulado, esto para evitar error en el resultado final.
4. El sanitizante se debe de dejar secar a temperatura ambiente, entre 5 y 10 minutos, esto ayudará a que dicho químico realice la función de inhibición de microorganismos antes de empezar a producir.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amon J., & Nicolson T (1993). *Sanitization in food processing*. San Diego: Editorial University Press of America.
- Ascenzi J. (1995). Mode of action desinfectants. *Interniational office of epizootics*. 47-55.
- Bio Control* . (2013). Análisis de bioluminiscencia por medio de equipo Bio Control. Obtenido de Lightning MVP ICON, HACCP management: Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de <http://www.biocontrolsys.com/assets/uploads/files/ICON%20brochure%20Low%20Res.pdf>
- Code of Federal Regulations Title 21 Part 178. (2011). *Indirect Food Aditives: Adjuvants, productios AIDS and sanitizers*. USA: Unersity Press of America.
- Code of federal Regulatios Title 21*. (2017). Retrieved from FDA US: Recuperado el 25 de septiembre de 2017 de <https://www.fda.gov/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/Databases/ucm135680.htm>
- Cordón M. (2016). *Instrumentación Científico Técnica*. Recuperado el 5 de octubre de 2017 de: <http://www.ictsl.net/downloads/bioluminiscencia.pdf>.
- Espadale, R. (1999). *Desinfectantes: características y usos más frecuentes*. Recuperado el 29 de septiembre de 2017 de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_429.pdf
- Electronic Code Of Federal Regulatios*. (2017). Recuperado el 30 de septiembre de 2017 de: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/ECFR?page=browse>
- Future Techniques for desinfectant efficacy testing. (1998). *International Biodeterioratium and Biodegradation*. USA: University Press of America.
- Herman, B (1998). *Flourescence microscopy*. New York: Springer-Verlag.
- Herrera, G. M. (2010). Bioluminiscencia en el control de higiene. *Revista Énfasis*. Volumen I, 50-97.
- IDEA FSI*. (2013). Food safe innovation. Recuperado el 2 de octubre de: <http://www.ideafoodsafetyinnovation.com/newsletters/2013/05/limpieza-y-sanitizacion/>

- Influence of surface finish on the cleanability of stainless steel. (2001). *Journal of food protection*. Volumen II. 1178-1182.
- Journal of apply bacteriology. (1998). En B. R. Holah J.T., *The use of direct epifluorescence microscopy (DEM)*. Control Systems. Volumen II. 2215.
- Journal of food protection. (1997). *Effectiveness of sanitization with quaternary amonium compound on stainless steel and another domestic food preparation surface*. Control Systems. Volumen II 1-60.
- Lightning MVP ICON System*. (2017). Biocontrol Systems. Recuperado el 2 de octubre de 2017 de: <http://www.biocontrolsys.com/products/view/mvp-icon>.
- López, C. (2016). *Control de la conservación de alimentos para el consumo y distribución comercial UF1356*. España. Editorial Planeta.
- Marriot. (1999). Sanitizantes a base de amonio. En *Principios de Higiene Alimentaria*. Volumen I. 400-401.
- Ordoñez M (1989). Requisitos de un sanitizante. *Programa de limpieza e higiene alimentaria*. Volumen I. 29-50.
- Organización Panamericana de la Salud*. (2016). Limpieza y sanitización de superficies en contacto con alimentos. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de:
http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10822:2015-establecimiento-mantenimiento-limpieza-desinfeccion&Itemid=42210&lang=es.
- QuimiNet*. (2006). Cuaternarios de amonio: antisépticos y desinfectantes. Recuperado el 12 de octubre de 2017 de:
<https://www.quiminet.com/articulos/cuaternarios-de-amonio-antisepticos-y-desinfectantes-14526.htm>.
- Rodríguez C. (2017). *Tecnología de los alimentos, seguridad alimentaria*. Recuperado el 17 de octubre de 2017 de: <http://ocw.upm.es/tecnologia-de-alimentos/seguridad-alimentaria/contenidos/Lecciones-y-Test/Lec-3.1..pdf>
- Serco México*. (2017). Equipos de Bioluminiscencia ATP. Recuperado el 15 de octubre de 2017 de: <http://www.serco.com.mx/productos/inocuidad/control-de-la-higiene/53-equipos-de-bioluminiscencia-de-atp>
- Solé M. (2000) Desinfectantes españoles para el siglo XXI. España: Editorial Planeta.
- Solé M. (2006). *Importancia del control higiénico de las superficies alimentarias*. (2006). Recuperado el 5 de octubre de 2017 de:

<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/5683/nfv1de1.pdf?sequence=1>

Steven J. (1995). International Biodeterioration and Biodegradation. *Desinfectant test methods for food hygiene, institutional, industrial and domestic applications*. Volumen I. 335-365.

XI. ANEXOS

A. Imágenes de pruebas experimentales

1. Imágenes de primera corrida



Marmita de cocción de frijol



Marmita sin limpiar y sanitizar



Hisopado de superficies



Marmita luego de limpieza y sanitización



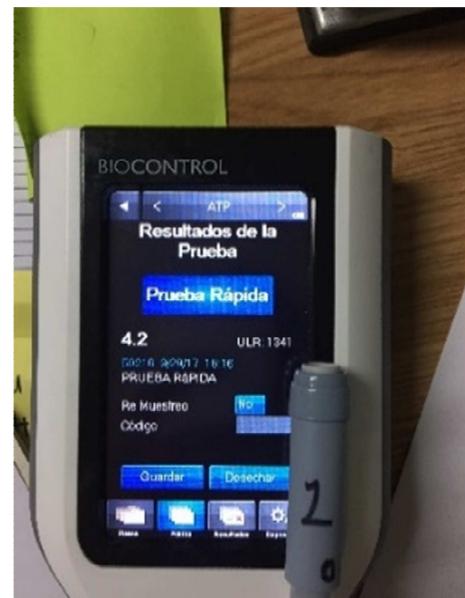
Hisopado de manguera de descarga



Titulación de sanitizante



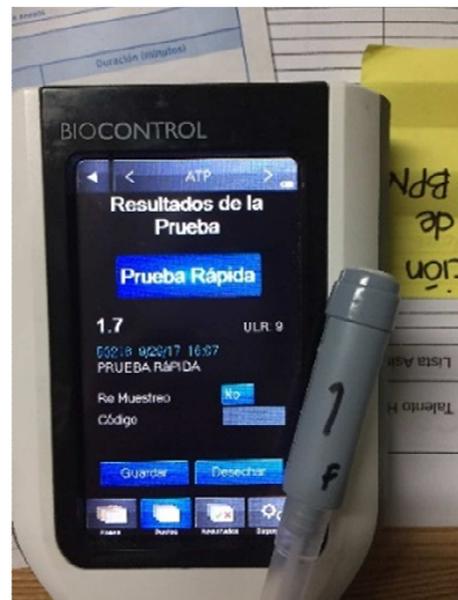
Resultado inicial
hisopo no. 1



Resultado inicial
hisopo no. 2



Resultado inicial hisopo no. 3



Resultado final hisopo no. 1



Resultado final hisopo no. 2



Resultado final hisopo no. 3

2. Imágenes de segunda corrida



Pared de marmita luego de limpieza y sanitización



Mezclador de marmita luego de limpieza y sanitización



Hisopado en manguera de descarga de frijol



Resultado inicial hisopo no. 1



Resultado inicial
hisopo no. 2



Resultado inicial
hisopo no. 3



Resultado final
hisopo no. 1



Resultado final
hisopo no. 2



Resultado final
hisopo no. 3

3. Imágenes de tercera corrida



Pared luego de
cocimiento de frijol



Pared luego de
limpieza y sanitización



Mezclador luego de
limpieza y sanitización



Resultado inicial
hisopo no. 1



Resultado inicial
hisopo no. 2



Resultado inicial
hisopo no. 3



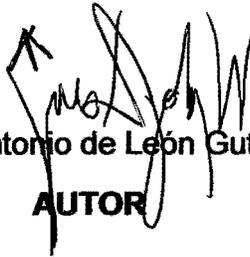
Resultado final
hisopo no. 1



Resultado final
hisopo no. 2



Resultado final
hisopo no. 3



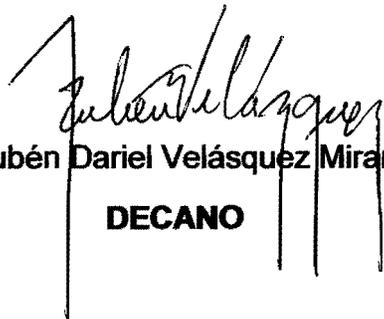
Walther Antonio de León Gutiérrez

AUTOR



MSc. María Ernestina Ardón Quezada

DIRECTORA



Dr. Rubén Daríel Velásquez Miranda

DECANO