

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



*Excelencia que trasciende*

**DELVALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

**“DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LIMPIEZA DEL SISTEMA DE  
CONGELAMIENTO RÁPIDO INDIVIDUAL (IQF) QUE DISMINUYA A  
NIVELES ACEPTABLES LA CARGA MICROBIANA ANTES DEL  
CONGELAMIENTO DEL BANANO EN RODAJAS  
(*Musa sp*, Variedad Cavendish)”  
EN LA INDUSTRIA *TROPILIGHT*, S.A.”**

Trabajo de graduación presentado por Susana Abigail García Escobar para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en  
Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala  
2015



**“DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LIMPIEZA DEL SISTEMA DE  
CONGELAMIENTO RÁPIDO INDIVIDUAL (IQF) QUE DISMINUYA A  
NIVELES ACEPTABLES LA CARGA MICROBIANA ANTES DEL  
CONGELAMIENTO DEL BANANO EN RODAJAS  
(*Musa sp*, Variedad Cavendish)”  
EN LA INDUSTRIA *TROPILIGHT*, S.A.”**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LIMPIEZA DEL SISTEMA DE  
CONGELAMIENTO RÁPIDO INDIVIDUAL (IQF) QUE DISMINUYA A  
NIVELES ACEPTABLES LA CARGA MICROBIANA ANTES DEL  
CONGELAMIENTO DEL BANANO EN RODAJAS  
(*Musa sp*, Variedad Cavendish)”  
EN LA INDUSTRIA *TROPILIGHT, S.A.*”**

Trabajo de graduación presentado por Susana Abigail García Escobar para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en  
Tecnología Agrícola y Pecuaria.

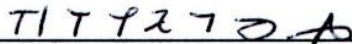
Guatemala  
2015

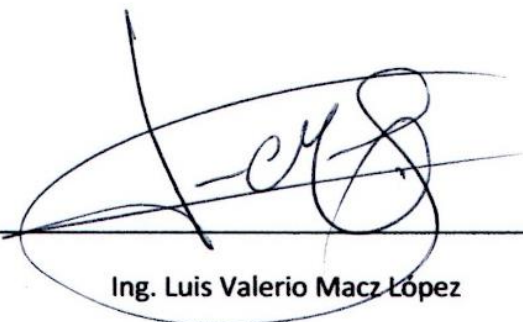
VoBo.:

(f)   
Ing. Legna Yanetza Hernández López

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Legna Yanetza Hernández López

(f)   
Ing. Sergio Daniel Comparini

(f)   
Ing. Luis Valerio Macz López

Fecha de Aprobación: Santa Lucía Cotzumalguapa, 24 de febrero de 2015

## AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS por su incondicional acompañamiento y ayuda a lo largo de mi vida, por darme todos los triunfos que hoy en día tengo.

La empresa *Tropilight S.A.* y equipo de aseguramiento de calidad, por permitirme realizar mi investigación en sus instalaciones.

A todas las personas que me brindaron su incondicional amistad, apoyo y me instaron a seguir adelante para poder alcanzar este objetivo:

- Toda mi familia
- Ing. Rubén del Valle
- Inga. Legna Hernández
- Lic Cecilia Cordero
- T.A. Bryan Flores
- T. A. Edras Mejilla

## DEDICATORIA

A:

DIOS, por permitirme llegar a este punto de mi vida y darme todo lo que necesito.

MIS PADRES, especialmente a mi Madre por estar a mi lado en los momentos más difíciles.

MIS HERMANOS, por acompañarme en este difícil camino.

FAMILIA GENERAL, a todos los miembros de mi familia que estuvieron siguiendo de cerca mi camino por esta etapa de mi vida.

MI MEJOR AMIGO, Que estuvo animándome en tiempos difíciles, que me acompañó y apoyo a lo largo de mi carrera, le agradezco por su paciencia y su incondicional amistad, por la confianza brindada, por sus consejos y su tolerancia hacia a mí, por hacerme sentir que no estaba sola en esta lucha por salir adelante.

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	2
A. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
B. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	2
C. MECÁNICA DE CONGELADO	3
D. FASE DE LIMPIEZA	5
E. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL BANANO	6
III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
IV. JUSTIFICACIÓN	8
V. DELIMITACIÓN	9
VI. OBJETIVOS	10
VII. MARCO TEÓRICO	11
A. CONCEPTOS	11
B. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONGELAMIENTO DEL BANANO EN SUS DIFERENTES CORTES	12
C. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO OCTOFROST MODELO 9.2	13
D. METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS O DETECCIÓN DE MICROORGANISMOS EN BANANO CONGELADO PARA CONSUMO HUMANO	14
VIII. METODOLOGÍA	18
A. METODOLOGÍAS MICROBIOLÓGICAS A USAR	18

B. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE RAT EN PRODUCTO	18
C. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE E. COLI	19
D. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	21
E. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRAS PARA ANALIZAR	23
F. VARIABLES	23
G. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	23
IX. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
A. RESULTADOS	24
B. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	25
X. CONCLUSIONES	27
XI. RECOMENDACIONES	28
XII. REFERENCIAS	29
A. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
B. REFERENCIAS HUMANAS	29
XII. ANEXOS	30

## LISTA DE CUADROS

1.	Parámetros de calidad del banano	6
2.	Criterios Microbiológicos para Congelados e IQF	11
3.	Tabla de la técnica del número más probable	16
4.	Descripción de tratamientos y repeticiones	22
5.	Aleatorización de frecuencias por fecha	22
6.	Resultados de los tratamientos en cada repetición para Coliformes	24
7.	Resultados de los tratamientos en cada repetición para RAT	24
8.	Resumen ANDEVA y coeficiente de variación	25
9.	Resultados Prueba Tukey	26
10.	Planeación de Actividades	30

## LISTA DE FIGURAS

1.	Túnel de IQF octoFrost	3
2.	Flujograma del proceso de banano congelado en rodajas	4
3.	Túnel de IQF octoFrost, recirculación del aire	14

## RESUMEN

En Guatemala existen agroindustrias que continuamente buscan la mejora de sus productos y sobre todo la satisfacción del mercado, en aspectos de cantidad, calidad e inocuidad, la cual es de suma importancia en productos para consumo humano. Existen normas que regulan el cumplimiento de los límites de contaminación en los mismos, siendo un indicador los microorganismos presentes en los alimentos, existen reglamentos, como el Reglamento Técnico Centroamericano, en donde se estable los criterios microbiológicos para cada tipo de alimento, según proceso de manufacturación; entre ellos podemos mencionar, el proceso de productos congelados.

*Tropilight S.A.* es una de las empresas de la agroindustria que busca el crecimiento a nivel de mercado y la satisfacción al mismo, por ello, ha agregado una nueva línea de producción. Esta se utiliza para la congelación de frutas tropicales, tales como mango, piña, banano, entre otras, siendo el banano la principal fruta de manufacturación de *Tropilight S.A.*, este se congela en forma de rodajas en el equipo IQF.

Este equipo se llama túnel IQF Octofrost, el cual sirve para la congelación rápida individualmente de frutas, verduras, carnes y mariscos.

La incorporación de esta nueva línea, trae implícita la experimentación de las mejores maneras de uso y los procedimientos correctos para el congelamiento del banano en rodajas, por ello, ha iniciado con la aplicación de congelación en otros frutos.

Uno de los procesos no descritos, es la frecuencia de limpieza del equipo de IQF en el proceso de congelamiento del banano en rodajas, no se ha encontrado literatura técnica en donde se indique la frecuencia que mantenga la inocuidad respecto a la carga microbiana del banano congelado bajo los límites permisibles, ni de experiencia de otros productores con este fruto en la congelación.

Este punto en el proceso de manufacturación del banano en rodajas es importante ya que la inadecuada limpieza trae consigo la inconstante congelación del banano en rodajas y pérdidas en tiempo y de material.

Este trabajo obtuvo una frecuencia de limpieza adecuada al proceso, tomando como referencia los parámetros microbiológicos, tales como, Recuento totales y Coliformes totales y evitar con este procedimiento pérdidas por rechazo, por reproceso y gastos no deseados.

## I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala existen diversos sectores de comercio, entre los cuales podemos mencionar la industrialización de productos agrícolas, tales como, mango, maracuyá, banano entre otros.

*Tropilight S.A.* es una de las empresas de la agroindustria tropical guatemalteca, esta se encuentra ubicada en el departamento de Escuintla, Guatemala, el cual es un sector de producción de banano, es por ello que las mayores producciones de *Tropilight S.A.* es enfocada a este fruto, transformándolo en purés, concentrados y debido a la demanda de clientes en diferentes partes del mundo se ha incorporado una nueva línea de frutos congelados.

*Tropilight S.A.*, exporta alrededor del 70% de sus productos a Europa, 13% Sudamérica, 9% Estados Unidos, 8% a otros destinos (Manual de Producción de *Tropilight S.A.* 2014, Versión 1), estos sectores tienen estándares de calidades e inocuidad que todo producto, para consumo humano, debe cumplir y la industrialización del banano no es la excepción.

Con la incorporación de una línea para congelamiento de frutos y la demanda de calidad e inocuidad que los clientes exigen, es necesario implementar procesos que permitan estar dentro de los rubros de las normas de calidad y dentro de los límites microbiológicos permisibles para alimentos de consumo humano. Uno de los procesos no descritos, es la frecuencia de limpieza del equipo de IQF, el cual permite la congelación rápida de los frutos.

En el proceso de congelamiento del banano en rodajas, no se ha encontrado literatura técnica en donde se indique la frecuencia que mantenga la inocuidad respecto a la carga microbiana del banano congelado bajo los límites permisibles, ni de experiencia de otros productores con este fruto en la congelación.

Es por ello que este trabajo se basa en la determinación de la frecuencia optima de limpieza que permita tener el producto terminado con una inocuidad comercial, es decir dentro de los límites microbiológicos permisibles, tomando como referencia de inocuidad, Coliformes totales y Recuento aeróbico total expresados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g)

## II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO

### A. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

*Tropilight*, S.A. es una empresa que exporta el 99% de sus frutas procesadas especialmente banano, el 1% restante es vendido nacionalmente. Esta empresa cada día busca incrementar la cantidad de toneladas de frutas procesadas producidas, para tener competitividad en este mercado y llegar al nivel de otras empresas de prestigio, como son, por ejemplo: Dole, Chiquita y también de la empresa hermana de *Tropilight*, S.A., de nombre Banalight, C.A.

Por ello la empresa objeto de estudio, recientemente implementó un equipo de congelado rápido IQF OctoFrost. Un IQF por sus siglas en inglés, significa Individual Quick Freezing, en español congelamiento individual rápido.

### B. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo es utilizado para congelar diferentes tipos de frutas en tiempos más cortos, comparados con modelos antiguos, teniendo la capacidad de mantener la separación (no bloques ni grumos) de productos muy pegajosos, como rodajas de banano y frutas tropicales con alto contenido de azúcar, conservando el color, forma y sabor natural de la fruta, este equipo tiene la capacidad de tener un flujo de producción de 8000 Kilos/horas a 5 grados Celsius (Díaz, Y. H. 2014). Este equipo fue fabricado en Suecia distribuyéndolos bajo la marca OctoFrost™ El sistema es nuevo en el territorio guatemalteco y a nivel mundial sólo existen 145 sistemas instalados.

La mayor parte es conocida en México, y es utilizado para congelar frutas como las siguientes; fresas, moras, mango entero, entre otros. Este sistema es el primero en Guatemala para proceso de banano en sus diferentes cortes tales como: rodajas, cubos, mitades y enteros (Díaz, Y. H. 2014).

Figura No. 1 Túnel IQF Octofrost



Fuente: Imagen tomada del manual IQF Freezer OctoFrost 9/2 RH. Julio 04,2013. Editado en Alemania.

### C. MECÁNICA DE CONGELADO

A comparación de modelos anteriores de IQF este presenta ventajas significativas, tales como el uso de placas intercambiables. Los antiguos modelos usan bandas transportadores circulares, lo cual dificultaba la limpieza en línea y el tiempo de esta era más largo, mientras que este nuevo modelo permite tener mayor limpieza en menos tiempo. Otras ventajas a mencionar son el alto rendimiento y los bajos costos operacionales, todo ello representa claramente todas las mejoras en comparación con los congeladores IQF tradicionales.

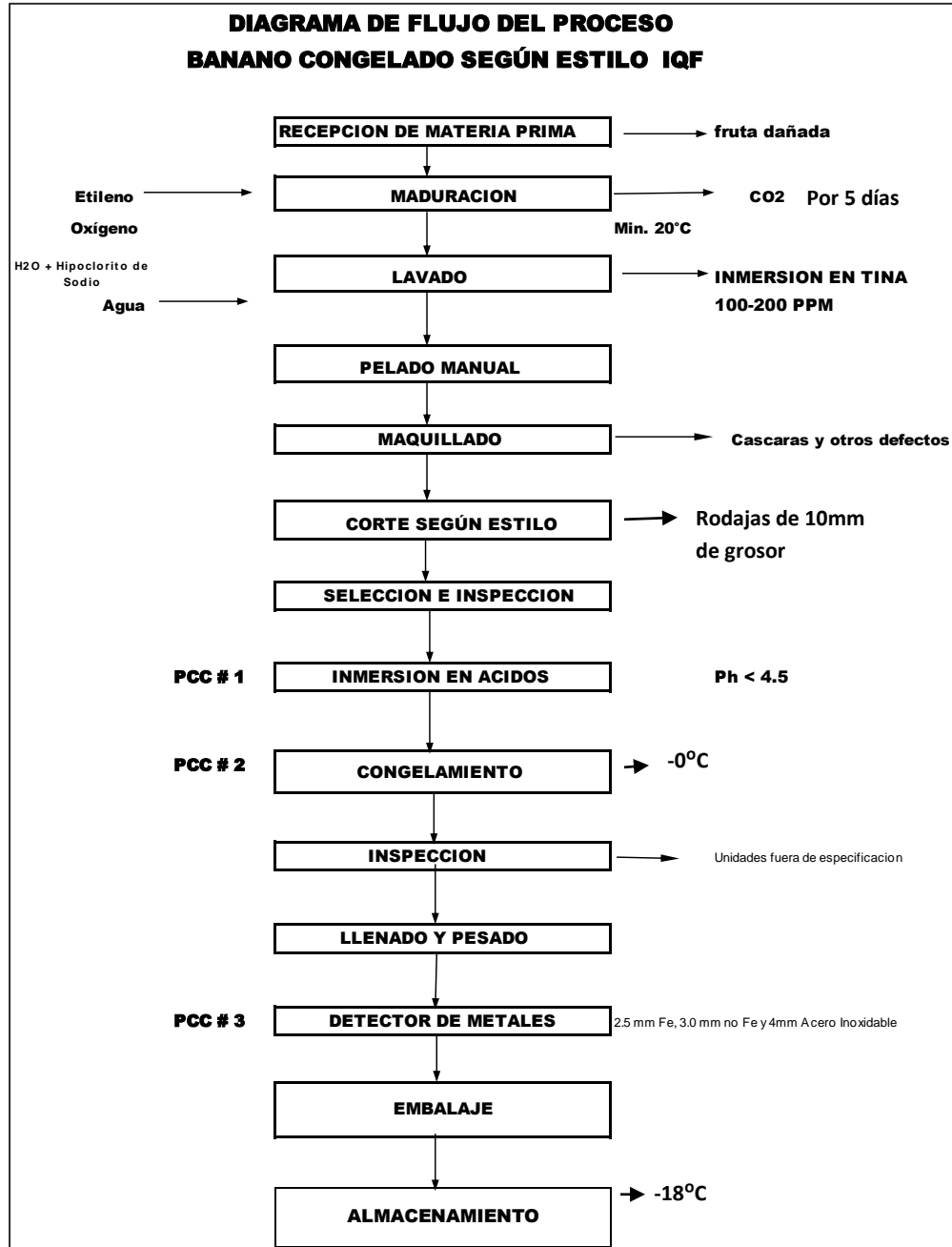
El equipo está compuesto por un túnel, un panel de control, un gabinete eléctrico, 9 ventiladores, 14 placas. Las placas están hechas de polietileno y están perforadas para que el aire frío pueda circular entre ellas, es por ello que necesitan una constante limpieza para que el residual de materia orgánica no inhiba dicha circulación y, por ende, no congele el fruto en su totalidad.

Antes de que la materia prima llegue a este sistema, es sumergida en una tina de lavado, esta contiene una solución de cloro de 100 a 200 partes por millón (ppm). Luego que es lavada en esta solución pasa por una banda en donde se encuentran 20 mujeres que cumplen la función de descortezar el banano.

El banano es llevado por una banda transportadora y pasa por unas cuchillas especiales de marca Urshell las cuales cumplen la función de cortar el banano en rodajas. Las rodajas son transportadas por la banda, hasta una tina de ácido cítrico y ascórbico con un pH menor a 4.5 durante 10 segundos, con el fin de mantener el fruto (banano) con un color claro. Nuevamente es llevado por otra banda transportadora hasta el túnel del IQF donde es

congelado a temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Se empaqueta y es pasado por un detector de metales, luego se almacena.

Figura No. 2 Flujograma del proceso del congelado de banano en rodajas



Fuente: Flujograma de Proceso de Congelado de IQF, Manual de Producción de Tropilight S.A. 2014, Versión 1.

## D. FASE DE LIMPIEZA

La fase de limpieza, como parte del proceso del banano congelado, consiste en detener el proceso de pelado y congelado del producto, para poder remover todos los residuos de materia orgánica con la ayuda de cepillos certificados, con agua potable y con limpieza mecánica y este proceso lleva alrededor de 30 minutos y se realiza con una frecuencia de 4 horas. Adicionalmente se prepara una solución de cloro al 10% y agua a 100 ppm para la sanitización de las bandas de pelado y todas las superficies en contacto con el producto como lo son los guantes, equipo de corte entre otros.

Como se explicó, además del OctoFrost existen modelos anteriores de congelado rápido los cuales se han tomado como base para empezar a usar la frecuencia mencionada anteriormente.

Según la experiencia, los expertos Díaz, Y. y Larsson, R., (2014) recomiendan que los equipos de congelamiento individual rápido como el IQF debe tener una constante y cuidadosa limpieza, ya que una acumulación de materia orgánica o residuos de la misma provoca que el equipo no funcione adecuadamente. Es decir, las perforaciones son obstruidas por la materia orgánica o residual del banano. Los inconvenientes pueden consistir en que el equipo no pueda llevar la materia prima a temperatura de 0 grados Celsius, que es lo ideal para mantener los parámetros microbiológicos por debajo del límite establecido para el consumo humano.

La constante limpieza del equipo permite asegurar que las perforaciones de las placas estarán libres para que pueda circular el aire frío y éste cumpla su objetivo.

En la limpieza de la línea afectan gravemente los parámetros microbiológicos en producto terminado, ya que si la limpieza se hace en intervalos de tiempo muy lejano, la carga microbiana aumenta debido a la cantidad de material vegetal que hay sobre las placas y línea. Este inconveniente lleva consigo, pérdidas de material de empaque e insumos, así como la pérdida de tiempo y reproceso.

El presente trabajo determinó una frecuencia en la que la carga microbiana se mantiene bajo los límites microbiológicos permisibles antes y durante el congelado; y se obtenga así un producto terminado conforme a las especificaciones establecidas, disminuyendo con ello pérdidas y costos, por lo cual se considera un tema innovador y de relevancia en la industria

de alimentos procesados. Este proceso es el primero en implantarse en Guatemala, por lo cual se estiman de interés los resultados de las mediciones realizadas en esta investigación.

## E. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL BANANO

Para que el banano pueda ser aceptado para el proceso de manufacturación debe de tener las características que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 1 Parámetros de calidad del banano

<i>Grado de Madurez:</i>	2
<i>° Brix:</i>	Min 2 - Max 5
<i>Color:</i>	Verde característico
<i>Diámetro:</i>	Min 11 mm
<i>Longitud:</i>	Mín 15 cm
<i>Peso:</i>	Min 120 gr.
<b>RESIDUOS DE PLAGUICIDAS:</b>	
<i>Organoclorados:</i>	< 10 ppb
<i>Organofosforados:</i>	< 10 ppb
<i>Organonitrogenados:</i>	< 10 ppb
<b>METALES PESADOS:</b>	
<i>Plomo</i>	Max 0.05 mg/kg.
<i>Cadmio</i>	Max 0.05 mg/kg.
<i>Cobre</i>	Max 5.0 mg/kg.
<i>Zinc</i>	Max 5.0 mg/kg.
<i>Mercurio</i>	Max 0.01 mg/kg.
<b>DEFECTOS:</b>	
<i>Daño mecánico:</i>	3%
<i>Daños por insectos:</i>	Menor 1%
<i>Bajo peso</i>	Max 30%
<i>Daño por sol (Post-cosecha)</i>	Menor 1%
<i>Hongos</i>	Menor 1%

Fuente: Especificaciones de Materia Prima, Manual de Producción de *Tropilight* S.A. 2014, Versión 1.

### III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La limpieza en el proceso de banano congelado en rodajas, así como el lavado de instrumentos de corte, actualmente basa sus parámetros de medición en la frecuencia establecida para fresas congeladas en el equipo OctoFrost, ya que manuales emitidos por los fabricantes del OctoFrost no se reporta que se haya congelado banano en el sistema y modelo de equipo actual.

Según Díaz, Y. y Larssen, R. (op. Cit.) el cambio de placas perforadas tampoco ha sido establecido como procedimiento para banano. De los 145 OctoFrost, Modelo 9.2 instalados en el mundo ni uno solo ha sido utilizado para congelado de banano en rodajas, por ello no se tiene conocimiento alguno del tiempo en que se deben cambiar las placas para evitar la obstrucción del aire frío, sobre las rodajas de banano.

*Tropilight, S.A.* es la empresa que ha iniciado con este proceso de congelamiento individual rápido y lo ha hecho con referencias de frecuencia. Esto revela el desconocimiento de la cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC) que pueden haber en la bandas de pelado, entre cada frecuencia, ya que no se tiene establecido el recuento de ellas ni el porcentaje de material vegetal en las bandas perforadas que pueden representar inconvenientes en el congelado.

Aplicar las frecuencias con otra materia prima no es lo más conveniente para este proceso, ya que el residual de materia orgánica, látex, desecho vegetal, actividad de agua o contenido de agua, contenido de solutos, tamaño, capacidad de absorción de calor, todo es totalmente diferente. Por ello se puede tener pérdidas al usar esas frecuencias.

Actualmente se hace necesario estandarizar una frecuencia que disminuya o elimine las cargas microbianas y los residuos de materia orgánica antes del congelado, como la metodología que permitirá obtener un producto terminado (banano congelado) conforme a las especificaciones establecidas de inocuidad alimentaria básica o al mínimo aceptable, según normas de alimentos como la FDA y el Manual Técnico Centroamericano para productos crudos congelados.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Como ya se ha mencionado el tamaño, el residual de material vegetal, el desecho vegetal, la cantidad de solutos y la actividad del agua son diferentes y las frecuencias varían con base en la cantidad de suciedad que éstas puedan dejar sobre las bandas y las placas, porque eso les provee a las bacterias un ambiente adecuado para su proliferación.

El desconocimiento del protocolo de limpieza en el proceso del banano congelado trae consigo consecuencias en el crecimiento exponencial de UFC/g de diferentes bacterias.

Si la frecuencia del cambio de placas no se hace como es debido, el equipo no logra su cometido, que es llevar la materia prima a temperaturas bajo cero grados Celsius, para que el agua disponible en la fruta disminuya o no sea disponible para el crecimiento de patógenos.

El no tener una frecuencia establecida y definida con los parámetros microbiológicos trae consigo pérdidas de insumos como cloro, agua, materia prima; ingredientes como ácido cítrico y ascórbico, mano de obra, tiempos. También existen riesgos en el producto terminado fuera de especificación, tanto en términos microbiológicos, como fisicoquímicos, en material de empaque (bolsas y cajas de cartón).

El establecimiento de las frecuencias de limpieza y cambio de placas, contribuirá a un ahorro en los costos de producción incluyendo los costos de agua, sanitizantes, mano de obra, energía eléctrica, materia prima.

También contribuirá a la disminución de pérdidas y del riesgo de reproceso y desecho del producto terminado por altas cargas microbianas y con ello lograr la inocuidad que los clientes y normas alimentarias como FDA y Manual Técnico Centroamericano requieren.

## V. DELIMITACIÓN

Investigación que se realizó en la empresa *Tropilight*, S.A. en la línea de proceso 3, OctoFrost IQF (individual Quick Frozen), para la manufacturación del banano en rodajas congeladas. El estudio tuvo el alcance de determinar la frecuencia de limpieza en el proceso de congelación de banano en rodajas, teniendo como referencia los límites microbiológicos aprobados para consumo humano, expresado en unidades formadoras de colonia por gramo, con métodos legales de la Association of Oficial Analytical Chemists (AOA)

La Association of Oficial Analytical Chemists (AOA) es una asociación científica privada sin fines de lucro fundada en 1884. Su principal objetivo es promover la calidad de las mediciones y la validación de métodos analíticos para alcanzar la visión de “confianza internacional en resultados analíticos”<sup>1</sup>

### A. ALCANCES:

Las áreas que abarcó son las referentes a la línea de procesos congelados específicamente en la limpieza tomando de referencia parámetros microbiológicos. Esta investigación fue importante para la empresa, para establecer un procedimiento con fundamento científico y cuantitativo y poder aplicarlo actualmente en *Tropilight* S.A. y posteriormente ser aplicado a las empresas hermanas cuando implementen este equipo.

### B. LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN:

Esta investigación no abarco la limpieza de otros procesos de congelado únicamente para el congelado de banano en rodajas.

---

<sup>1</sup> Official Methods of Analysis 18th Edition, Revisión 4 - 2011

## VI. OBJETIVOS

### A. GENERAL:

- Encontrar la frecuencia óptima de limpieza del equipo en el proceso de congelamiento de banano en rodajas para mantener el producto terminado bajo los límites microbiológicos máximos permisibles.

Ho: Todos los tratamientos producen el mismo efecto

Ha: Para al menos uno de los tratamientos produce efectos distintos

### B. ESPECÍFICOS:

- Determinar los intervalos de frecuencia de limpieza de línea durante el proceso para mantener los límites microbiológicos permisibles para el consumo humano.
- Determinar los intervalos de frecuencia de cambio de placas perforadas del OctoFrost como parte del proceso de limpieza para evitar la obstrucción del aire frío sobre la materia prima.
- Analizar los criterios microbiológicos que se deberán mantener en producto terminado para la aceptación de calidad en base la frecuencia de limpieza óptima.

## VII. MARCO TEÓRICO

### A. CONCEPTOS

**1. ¿Qué es inocuidad alimentaria?:** La inocuidad alimentaria es un proceso que asegura la calidad en la producción y elaboración de los productos alimentarios. Garantiza la obtención de alimentos sanos, nutritivos y libres de peligros para el consumo de la población. La preservación de alimentos inocuos implica la adopción de metodologías que permitan identificar y evaluar los potenciales peligros de contaminación de los alimentos en el lugar que se producen o se consumen, así como la posibilidad de medir el impacto que una enfermedad transmitida por un alimento contaminado puede causar a la salud humana (Codex Alimentarius. Rev.4, 2003)

Según lo establece el Codex Alimentarius -el código que reglamenta la calidad e inocuidad de los alimentos- un alimento se considera contaminado cuando contiene: agentes vivos (virus o parásitos riesgosos para la salud); sustancias químicas tóxicas u orgánicas extrañas a su composición normal y componentes naturales tóxicos en concentración mayor a las permitidas.

**2. Criterio microbiológico de inocuidad:** Define la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basado en la ausencia o presencia, de microorganismos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote y es aplicable a productos comercializados. (Manual Técnico Centroamericano 2009).

Cuadro No.2 Criterios microbiológicos para congelados, IQF

Parámetros	Límites congelado e IQF
<i>Recuento Aeróbico Total</i>	<100,000UFC/g
<i>Mohos y Levaduras</i>	<5,000UFC/g
<i>Coliformes Totales</i>	<100UFC/g
<i>Escherichi Coli</i>	< 10 UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Negativo
<i>Estaphilococcus Aureus</i>	< 10 UFC/g (Negativo)
<i>Listeria Monocytogenes</i>	Negativo
<i>E.Coli 0157:H7</i>	Negativo

Fuente: Manual de procedimientos de análisis laboratorio de microbiología. 2010

Existen técnicas y métodos para mantener un producto dentro de los parámetros microbiológicos permisibles y de conservación, entre los cuales se puede mencionar algunos de ellos:

- Métodos de esterilización –temperaturas entre 121° C a 180° C, teniendo en cuenta los tiempos de esterilización para cada caso.
- Pasteurización
- Congelamiento Rápido (IQF)

El método de congelamiento rápido (IQF) es la congelación rápida de manera individual, por debajo de los 0°C. En este tipo de congelamiento los cristales de hielo que se forman dentro de las células de los tejidos son de tamaño muy pequeño, lo que evita que las paredes celulares que conforman los tejidos vegetales se rompan y que al descongelar el producto no haya derrame de fluidos celulares según Díaz, Y. y Larsson, R., (2014)

## **B. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONGELAMIENTO DEL BANANO EN SUS DIFERENTES CORTES.**

El banano puede congelarse entero y en diferentes tamaños y estilos de cortes, en este trabajo se usará, para fines de estudio el proceso del banano congelado en rodajas que tienen un grosor aproximadamente 10mm, dicho grosor es comercial.

Según el Manual de Producción de *Tropilight* (2013) el proceso para productos IQF consiste en descortezar el banano, para lo cual éste pasa por unas bandas transportadoras hasta llegar al equipo Octofrost, en el cual el producto es depositado en las placas perforadas oscilantes del Octofrost la cual está dentro de una estructura en forma de un túnel. Dependiendo del grado de maduración de la fruta el producto permanece entre 9 a 12 minutos antes de salir completamente congelado,(menor a 0°C).

Según el manual de IQF Freezer OctoFrost 9/2 (2013), el producto pasa por las placas en diferentes etapas, las cuales consisten en:

- Etapa 1, sellado;
- Etapa 2, pre congelamiento y;
- Etapa 3, congelamiento final.

Luego, el producto es empacado en cajas de cartón desde 20 hasta 50 libras, las cuales pasan por un detector de metales, y se colocan en tarimas con esquineros de cartón. Así son llevadas a las cámaras de mantenimiento llamadas Holding.

## **C. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO OCTOFROST MODELO 9.2**

El túnel de congelación del Octofrost se basa en la recirculación de aire frío que pasa por unas placas perforadas donde se deposita el producto.

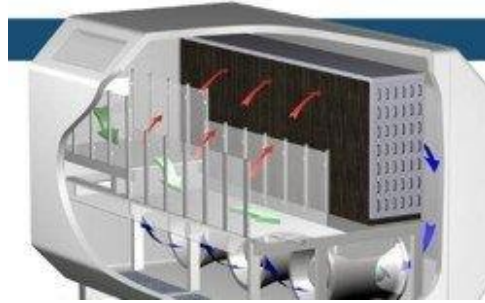
La recirculación de aire frío se lleva a cabo por medio de turbinas de alta velocidad que inyectan el aire por debajo de las placas, estas mismas turbinas succionan el aire y lo hacen circular por unos intercambiadores de calor para poder disminuir su temperatura.

Estos intercambiadores de calor (evaporadores) enfrían el aire hasta -40 grados Celsius, después de esto el aire es succionado por las turbinas e inyectado a las placas de congelamiento. Estas placas se mantienen en constante movimiento oscilante (hacia atrás y hacia adelante) para mantener el producto en suspensión y ayudar al congelamiento individual del producto (banano).

Los intercambiadores de calor trabajan con amoníaco enfriado hasta -42 grados Celsius, el cual es inyectado por medio de bombas. El amoníaco entra en forma líquida por el evaporador, por medio de una válvula de expansión, se inyecta al evaporador -el cual realiza el cambio de calor-. En este caso el amoníaco cede temperatura al producto y sale del evaporador en forma de gas, el cual es comprimido nuevamente por unos equipos llamados compresores, con lo cual regresa de vuelta a su forma líquida.

El túnel del Octofrost es controlado por un panel de control principal donde se regulan las velocidades de las turbinas, placas y golpeadores.

Figura No. 3 Túnel de IQF del Octofrost



Muestra la recirculación de del aire y los cambios de calor, siendo las flechas azules el aire frío.

Fuente: Imagen tomada del manual IQF Freezer OctoFrost 9/2 RH. Julio 04,2013. Editado en Alemania

#### **D. METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS O DETECCIÓN DE MICROORGANISMOS EN BANANO CONGELADO PARA CONSUMO HUMANO.**

A continuación se presentan los procedimientos indicados según el Manual de Procedimientos para el control microbiológico (Agrícola e Industrial Equaplantation, 2007) para la identificación de bacterias y otros agentes patógenos en el producto terminado (banano congelado en rodajas).

Para productos IQF se analizan las siguientes bacterias y patógenos:

- *Coliformes totales*
- *Escherichia coli*
- *Staphilococcus aureus*
- *Recuento Aeróbico Total*
- *Salmonella spp*
- *Mohos y Levaduras*
- *Listeria monocytogenes*

Estos microorganismos son analizados como referencia de validación de inocuidad, según Manual de procedimientos para el control microbiológico (Agrícola e Industrial Equaplantation, 2007) son analizados una vez al año, los microorganismos analizados diariamente y como indicador de calidad/inocuidad y liberación para exportar son los siguientes:

- *Recuento Aeróbico Total*
- *Coliformes totales*

**1. Recuento aeróbico total:** Este análisis se efectúa mediante la técnica convencional de inoculación en Caja Petri con Agar de Recuento Estándar cuya preparación se describe a continuación:

- Pesar con la ayuda de una espátula, 23.5 gramos de Agar Estándar en un Erlenmeyer de un 1 litro.
- Disolver en agua destilada y completar el volumen deseado con agua destilada hasta la marca de graduación del Erlenmeyer.
- Agitar constantemente la mezcla y calentar a punto de ebullición hasta obtener la disolución completa del Agar. Retirar el Agar del calor justo antes de que empiece a hervir, ya que este se puede derramar.
- Verter en 4 botellas ámbar de 250 ml debidamente identificadas y esterilizar en la autoclave a 121°C durante 20 minutos. Si el Agar no se va a utilizar de inmediato, puede mantenerse en una incubadora, tipo baño María a 48°C aproximadamente para evitar que gelifiquen. Si se guardan en refrigeración para uso posterior, este gelificará, por lo cual deberán colocarse en baño María a una temperatura de 60°C para fundirlo antes de usar.
- Tomar con una pipeta estéril 1 ml de la dilución respectiva, y verter en una placa de Petri estéril.
- Agregar una capa de aproximadamente 0,5 cm de grosor de Agar de Recuento Estándar y homogenizar sobre la mesa con movimientos circulares en forma de ocho.
- Las placas se incuban de forma invertida por  $48 \pm 2$  h a una temperatura de  $36 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- Realizar el recuento en un contador de colonias con fuente de luz y aumento. Contabilizar todas las colonias presentes en la placa.
- Multiplicar el número de colonias contabilizado en la placa por el factor de dilución indicado, es decir, se debe multiplicar por 10, 100 o 1000, según corresponda y anotar el resultado en notación científica, en la casilla correspondiente de la hoja de trabajo. (Manual de Procedimientos para el Control Microbiológico Agrícola e Industrial Equiplantation, 2007).

**2. Recuento de Coliformes Totales y E. coli. Procedimiento:** Este análisis se efectúa mediante la técnica convencional de inoculación en tubos de ensayo usando el caldo Bilis Verde Brillante (BVB) e inoculación en Caja Petri, del Agar Eosina Levine Azul de metileno-lactosa (EMBA) cuya preparación se describe a continuación:

### Etapa presuntiva: Procedimiento

- Pesar con la ayuda de una espátula, 35.6 gramos de Lauril Sulfato.
- Agitar bien hasta tener completamente disuelta la solución
- Verter en tubos tipo rosca 10 ml de lauril sulfato y esterilizar en la autoclave a 121°C durante 20 minutos.
- Enfriar hasta temperatura ambiente para proceder a la siembra en el área respectiva (área de siembra).
- Pipetear de cada una de las diluciones 1 ml y distribuir en tubos de lauril sulfato, provistos de campanas Durhan, utilizando 3 tubos por cada dilución (técnica NMP); incubar a 35 - 37 °C durante 24 horas; anotar los tubos gas positivo que resultaren pasado este tiempo. Los tubos gas positivos se anotan y se pasan por medio de asadas (con asas de platino) a otros medios de cultivo de confirmación de Coliformes.

### Etapa confirmativa: Procedimiento

- Pesar con la ayuda de una espátula, 40 gramos de caldo Bilis Verde Brillante (BVB, Coliformes totales) y 37 gramos de Medio EC (medio pre- enriquecimiento, Coliformes fecales)
- Agitar bien hasta tener completamente disuelta la solución.
- Verter en tubos tipo roscas y esterilizar en la autoclave a 121°C durante 20 minutos.
- Enfriar hasta temperatura ambiente para proceder a la siembra en el área respectiva (área de siembra).
- Con un asa de platino, los tubos de lauril sulfato de gas positivo distribuirlos en tubos de BVB y Medio EC provistos de campanas Durhan, utilizando 3 tubos por cada dilución (técnica NMP);incubar a 35 - 37 °C durante 24 horas, anotar los tubos gas positivo que resultaren pasado éste tiempo.
- Los tubos gas positivos BVB se anotan y se comparan con la tabla de la técnica de número más probable (NMP). Ejemplo:

Cuadro No.3 Tabla de la técnica de número más probable

	1er. tubo	2do. tubo	3er. Tubo	
Resultado				
Dilución -1	+	+	-	2
Dilución -2	+	-	-	1
Dilución -3	-	-	-	0

Total de la lectura 2 1 0, comparado con la tabla de NMP equivalen a 15 NMP / g de muestra.

- Los tubos gas positivo Medio EC se pasan por estría al Agar EMBA (EosinMelitone Agar).
- El Agar EMBA, previamente con ayuda de una espátula, pesar 37 gramos en un Erlenmeyer de un 1 litro.
- Disolver en agua destilada y completar el volumen deseado con agua destilada hasta la marca de graduación del Erlenmeyer.
- Agitar constantemente la mezcla y calentar a punto de ebullición hasta obtener la disolución completa del Agar. Retirar el Agar del calor justo antes de que empiece a hervir, ya que este se puede derramar.
- Verter en 4 botellas ámbar de 250 ml debidamente identificadas y esterilizar en la autoclave a 121°C durante 20 minutos. Si el Agar no se va a utilizar de inmediato, puede mantenerse en una incubadora, tipo baño María a 48°C aproximadamente para evitar que gelifiquen. Si se guardan en refrigeración para uso posterior, este gelificará, por lo cual deberán colocarse en baño María a una temperatura de 60°C para que fundan antes de usar.
- Con asa de platina transferir asadas de los tubos positivos del medio EC, previamente incubadas en baño María a  $44 \pm 1^\circ\text{C}$  por  $24 \pm 2$  horas en forma de zigzag (técnica por estrías).
- Si en las placas crecen colonias de 2 - 3 mm de diámetro con brillo metálico verdoso a la luz reflejada, con centro oscuro hasta negro en luz transmitida, el resultado de la muestra son colonias típicas de *Escherichia coli* y se reporta igual como se da el resultado en Coliformes fecales y se comparan con tabla de la técnica del número más probable, como se muestra en el cuadro 1. (Manual de Procedimientos para el Control Microbiológico Agrícola e Industrial Equaplantation, 2007).

## VIII. METODOLOGÍA

### A. METODOLOGÍAS MICROBIOLÓGICAS A USAR

La metodología se basa en petrifilm teniendo como referencia para limpieza el análisis de RCT o recuento total también llamados aerobios y Determinación de E. coli estas técnicas se basa en laAOAC (método oficial 990.12), antes conocida como la Association of Official Analytical Chemists, se conoce actualmente como la AOAC Internacional.

### B. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE RAT EN PRODUCTO

El RAT es el Recuento Aeróbico Total siendo el procedimiento siguiente.

#### 1. Material y equipo

- Placas Petrifilm 3M, específica para Recuento aeróbico total
- Erlenmeyer de 250 ml
- Pipeta serológica de 5 ml
- Balanza analítica
- Incubadora con termómetro
- Estufa con agitador magnético
- Cabina de flujo laminar
- Contador de colonias
- Marcador permanente
- Equipo de uso personal (botas de hule, bata, mascarilla, redecilla, guantes).
- Reactivos a utilizar
- Agua peptonada
- Agua desmineralizada

#### 2. Procedimiento

- Pesar 10 gramos de producto en un Erlenmeyer que contenga 90 ml de agua peptonada (dilución 1:10).
- Si es necesario de la dilución 1:10 tomar 1 ml y transferirlo a un tubo con 9 ml de agua peptonada (dilución 1:100), así sucesivamente hasta llegar a la dilución requerida.
- Homogenizar la muestra por dos minutos.

- Mezclar bien la dilución por un periodo de tiempo no mayor de 5 segundos
- De la muestra ya homogenizada (dilución 1:10) transferir 1ml a una Placa Petrifilm.
- Colocar la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada (cabina de flujo laminar) y levantar la lámina semitransparente superior
- Con la pipeta perpendicular a la Placa Petrifilm, colocar 1 ml de muestra, de la dilución ya requerida en el centro de la película cuadrícula inferior.
- Liberar la película superior dejando que se caiga sobre la dilución. No deslizarla hacia abajo.
- Con el lado rugoso hacia abajo, colocar el dispersor sobre la película superior, cubriendo totalmente la muestra.
- Presionar suavemente el dispersor para distribuir la muestra sobre el área circular. No girar ni deslizar el dispersor. Recuerde distribuir la muestra antes de inocular una siguiente placa.
- Levantar el dispersor. Esperar por lo menos 1 minuto a que solidifique el gel, y proceder a la incubación. Incubar las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas, incubar 48 + 2 horas, a 35 + 1 grados Celsius. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.
- Las Placas Petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz. Consultar la guía de interpretación para leer los resultados (Guía de interpretación de 3M. AOAC).
- Contar todas las unidades formadoras de colonias (UFC), multiplique el recuento de colonias obtenido por la dilución utilizada, y reportar en UFC/gr. Placas Petrifilm sin crecimiento: cuando las Placas Petrifilm de las diluciones no tienen colonias o crecimiento, se reportan como menor de la dilución utilizada.(Manual de procedimientos de análisis laboratorio de microbiología, *Tropilight*, 2010)

## C. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE E. COLI

Metodología utilizada para determinar E. coli contenidas en las muestras analizadas, por medio del recuento en placas petrifilm.

### 1. Material y equipo

- Petrifilm 3M, específica para E.coli
- Erlenmeyer de 250 ml
- Erlenmeyer de 125 ml
- Pipeta serológica de 5 ml

- Balanza analítica
- Incubadora con termómetro
- Estufa con agitador magnético
- Cabina de flujo laminar
- Contador de colonias
- Marcador permanente
- Equipo de uso personal (bata, mascarilla, redecilla, guantes)

## 2. Reactivos a utilizar

- Agua peptonada
- Agua desmineralizada

## 3. Procedimiento

- Pesar 10 gramos de producto en un erlenmeyer que contenga 90 ml de agua peptonada (dilución 1:10).
- Homogenizar la muestra por dos minutos.
- Mezclar bien la dilución por un periodo de tiempo no mayor de 5 segundos
- De la muestra ya homogenizada (dilución 1:10) transferir 1ml a una placa petrifilm.
- Colocar la placa petrifilm en una superficie plana y nivelada (cabina de flujo laminar) y levantar la lámina semitransparente superior.
- Con la pipeta perpendicular a la Placa Petrifilm, colocar 1 ml de muestra, de la dilución ya requerida en el centro de la película cuadrícula inferior.
- Liberar la película superior dejando que se caiga sobre la dilución. No deslizarla hacia abajo.
- Con el lado rugoso hacia abajo, colocar el dispersor sobre la película superior, cubriendo totalmente la muestra.
- Presionar suavemente el dispersor para distribuir la muestra sobre el área circular. No gire ni deslice el dispersor.
- Levantar el dispersor o esparcidor. Espere por lo menos 1 minuto a que solidifique el gel, y proceder a la incubación.
- Incubar las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas, incubar 48 +/- 2 horas a una temperatura de 35 + 1 °C. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

- Las placas petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz.
- Contar todas las unidades formadoras de colonias (UFC), multiplique el recuento de colonias obtenido por la dilución utilizada, y reporte en UFC/gr.
  - ✓ Placas petrifilm sin crecimiento: cuando las placas petrifilm de las diluciones no tienen colonias o crecimiento, se reportan como menor de la dilución utilizada.
  - ✓ Cuando las placas petrifilm de la muestra se conoce que están contaminadas o son insatisfactorias, se registra el resultado como accidente del laboratorio, y se procede a analizar la muestra nuevamente.
  - ✓ Las colonias pueden ser aisladas para su identificación posterior. Levantar la película superior y recoja la colonia del gel con un asa nicromo en punta, argolla, o la que sea de su elección. (Manual de procedimientos de análisis laboratorio de microbiología, *Tropilight*, 2010)

## D. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se realizó un diseño completamente al azar, en donde se usaron frecuencias de limpieza en un intervalo de tiempo diferente para cada una. En el Cuadro 4 se describe las frecuencias y los tratamientos realizados, tomando en cuenta el cambio de placa en cada tratamiento como parte del proceso de limpieza, en donde también se incluye el testigo el cual es la frecuencia de referencia.

Modelo Estadístico:  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$   $i = 1, 2, \dots, t$   $j = 1, 2, \dots, r$

Siendo:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\tau_i$  = efecto del  $i$  - ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente.

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental (Lopez. 2008).

Cuadro No.4 Descripción de tratamientos y numero de repeticiones

No. de tratamiento	Descripción	Repeticiones
Testigo 0	Despues de haber iniciado Producción detener linea cada 4 horas para limpieza	5
Tratamiento 1	Despues de haber iniciado Producción detener linea cada 3.5 horas para limpieza	5
Tratamiento 2	Despues de haber iniciado Producción detener linea cada 3 horas para limpieza	5
Tratamiento 3	Despues de haber iniciado Producción detener linea cada 2.0 horas para limpieza	5
Tratamiento 4	Despues de haber iniciado Producción detener linea cada 1.0 hora para limpieza	5

Fuente: Elaboración propia

Para obtener los resultados aleatorizados fueron conformados tal como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro No.5 Aleatorización de frecuencias por fechas

04/08/2014	05/08/2014	06/08/2014	07/08/2014	08/08/2014
T0R1	T4R5	T3R1	T1R1	T2R1
T0R2	T4R5	T3R2	T1R2	T2R2
T0R3	T4R5	T3R3	T1R3	T2R3
11/08/2014	12/08/2014	13/08/2014	14/08/2014	15/08/2014
T0R4	T4R5	T3R4	T1R4	T2R4
T0R5	T4R5	T3R5	T1R5	T2R5

Fuente: Elaboración propia

## **E. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRAS PARA ANALIZAR**

Para la realización de los análisis microbiológicos, se tomaron los últimos 10 gramos de banano congelado en rodajas después de detener producción para realizar la limpieza

## **F. VARIABLES**

Variable independiente:

- Frecuencia de limpieza es decir los intervalos de tiempo en que la limpieza se realiza.
- Cantidad de cloro
- Cantidad de agua
- Duración de la limpieza

Variable dependiente:

- Carga microbiana

## **G. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para el análisis de la información recopilada se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el paquete estadístico de Excel 2007 en la opción de estadística el cual nos permitió crear cuadros de ANDEVA y posteriormente realizar una prueba de medias utilizando la prueba de Tukey (0.05)

## IX. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La limpieza en el proceso de banano en rodajas se estandarizó las variables independientes de manera que el proceso fuera homologó y solo cambiara la frecuencia para obtener datos microbiológicos con menor incertidumbre, quedando de la siguiente manera.

- Tina Lavado de fruta, agua con 200 ppm de cloro, en 5 minutos
- Desinfección de guante, agua con 100 ppm de cloro, en 5 minutos
- Desinfección de bandas, agua con 100 ppm de cloro , en 10 minutos
- Desinfección de utensilios, agua con 100 ppm de cloro, en 5 minutos
- Cambio de placa a la misma frecuencia de limpieza correspondiente cada tratamiento

### A. RESULTADOS

Los resultados de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones se muestran en el Cuadro 6, y 7

Cuadro No.6 Resultados de los tratamientos en cada repetición de Coliformes totales

Tratamientos	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	R5
T0	820	800	740	800	790
T1	560	490	550	580	500
T2	200	150	220	200	180
T3	40	70	60	50	80
T4	20	30	10	20	10

Resultados de las repeticiones dadas en UFC/g de Coliformes totales

*Fuente: Elaboración propia*

Cuadro No.7 Resultados de los tratamientos en cada repetición de RAT

Tratamientos	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	R5
T0	18000	17500	18600	17400	16900
T1	17900	17450	18000	16000	17700
T2	16000	17800	15400	16900	15400
T3	12000	14000	15900	16700	15000
T4	9000	8200	9100	9010	10400

Resultados de las repeticiones dadas en UFC/g de Recuento total

Tal como se muestra en el Cuadro 6, se puede observar que la mayor cantidad de unidades formadoras de colonias se refleja en el Testigo (T0) y la menor cantidad de unidades formadoras de colonias en el tratamiento 4 (T4), comparado con el criterio microbiológico del Cuadro 2, se nota que el tratamiento 0, tratamiento 1, tratamiento 2 los resultados son mayores o están fuera de especificación, por lo que se realizará un análisis para concluir cual es el mejor tratamiento para controlar Coliformes totales

En el Cuadro 7 se puede observar que todos los resultados de los tratamientos tienen una disminución de aerobios, pero todas las repeticiones están por debajo del criterio microbiológicos del Recuento Aeróbico Total, tal como lo muestra el Cuadro 2, por lo tanto no se realizará la prueba de Tukey para este patógeno.

## B. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con los resultados del Cuadro No.6 se procedió a realizar un cuadro de ANDEVA, el cual se resume en el Cuadro No. 8. De acuerdo al resultado donde F calculado es mayor al valor crítico de F se procedió a realizar la prueba de medias Tukey y se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro No. 8 Resumen de ANDEVA y Coeficiente de variación

Resumen de análisis					
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Valor crítico F
Tratamientos	4	2,216,264	554,066	802.99	2.87
Error experimental	20	13,800	690		
Total	24	2,230,064			

CV =	<b>1.65%</b>
------	--------------

Rechazar  $H_0$ . Si Valor de  $F \geq F$  crítico (gl trat; gl error;  $\alpha$ )  
 No Rechazar  $H_0$ . Si Valor de  $F < F$  crítico (gl trat; gl error;  $\alpha$ )

$R^2 = 0.796$	Aproximadamente igual el 80% de los resultados es debido al efecto de los tratamientos
---------------	--

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 9 Resultados Prueba de Tukey

Tratamientos	0	1	2	3	4
<b>Medias</b>	<b>790</b>	<b>536</b>	<b>190</b>	<b>60</b>	<b>18</b>
4	18	772	518	172	42
3	60	730	476	130	-
2	190	600	346	-	-
1	536	254	-	-	-
0	790	-	-	-	-

Observaciones: en Gris tratamientos mayores a W

W =	49.66
-----	-------

Presentación de resultados		
Trat	Medias	Grupo Tukey
0	790	a
1	536	ab
2	190	ab
3	60	b
4	18	b

Fuente: Elaboración propia

En este último análisis se nota que los tratamientos mayores a W son los que tuvieron más unidades formadoras de colonias de Coliformes totales, por lo tanto el tratamiento 3 y tratamiento 4 son los que mantiene el producto terminado (banano congelado en rodajas) dentro de especificación o bajo los límites microbiológicos permisibles.

Como se puede observar el grupo "a" excede significativamente el criterio establecido a comparación del grupo "b" el cual es aceptable.

## X. CONCLUSIONES

1. Las frecuencias óptimas que permiten obtener resultados microbiológicos bajo los límites permitidos son los tratamientos 3 y 4, siendo una frecuencia de limpieza de cada 2 horas para el tratamiento 3 y cada 1 hora para el tratamiento 4, estos tratamientos nos permiten tener los Coliformes totales menores a 70 ufc/gr.
2. El cambio de placa como parte del proceso de limpieza en conjunto corresponde al tratamiento 3 y 4, ya que con ello el producto terminado (banano en rodajas congelado) se mantiene bajo los criterios microbiológicos permitidos para productos congelados e IQF.
3. Los tratamientos evaluados no influyen en el Recuento Aeróbico Total (RAT) por lo tanto no se establece un parámetro interno para aprobación de calidad. Para Coliformes totales si hubo influencia de los tratamientos en el control por lo que se establece que para el tratamiento 3 los parámetros de aceptación de calidad sean mayores a 40 ufc/gr y menores a 70 ufc/gr, mientras que para el tratamiento 4 se establece la aceptación de menores o igual a 30 ufc/gr.

## **XI. RECOMENDACIONES**

1. Utilizar la frecuencia de limpieza de cada 2 horas (T3) para evitar consumo de agua, y otras pérdidas por detener el proceso cada hora.
2. Solo utilizar la frecuencia de limpieza de cada hora (T4) para aquellos clientes que exigen menos unidades formadoras de colonias de Coliformes totales y que estén dispuestos a valorar el producto por un costo adicional.
3. Realizar evaluaciones para los diferentes cortes distintos a rodajas de banano para establecer la frecuencia óptima de limpieza entre los intervalos de tiempos de 1 hora a 2 hora (1.15 horas, 1.30 horas, 1.45 horas, hasta encontrar el óptimo).
4. Evaluar por separado el cambio de placas para observar si existe un crecimiento microbiológico significativo a diferentes intervalos de limpieza.

## XII. REFERENCIAS

### A. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Castaño, e.; Domínguez, j. 2001. *Diseño de experimentos para el desarrollo tecnológico y mejora industrial*. México, d.f.: just in time press, s.a. de c.v. 313 págs.

Lopez; Ezequiel Abraham. 2008. *Diseño y análisis de experimentos*. 1ra. ed. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 163 págs.

“*Manual IQF Freezer OctoFrost 9/2 RH*”. 2013. 2da. Edición. IQF Frost AB, Volfragatan 3SE – 213 64 Malmö / Sweeden (Suecia)

“*Manual de procedimientos de análisis laboratorio de microbiología*”. 2010  
*Tropilight, S.A. S.A.*, Kilómetro 62.5 carretera antigua a Puerto de San José, Guatemala.

“*Manual de procedimientos para el control microbiológico agrícola e industrial*”,  
2007 Ecuaplantation, Kilómetro 4 Vía Durán Tambo. Ecuador.

Rojas, T. 2006. *Mejoramiento en la Productividad en las Líneas de Congelado en Slices*. Tesis inédita. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

### B. REFERENCIA HUMANA:

Díaz, Y. H.; Larssen, F. 2014, Capacitación sobre el uso del equipo OctoFrost, impartida en Guatemala, en la empresa *Tropilight, S.A.* (Yoanny Huenul Díaz, Ingeniero Electromecánico instalador y puesta en marcha). Enero 2014.

### XIII. ANEXOS

Cuadro No. 9 Planeación de actividades

Mes	Agosto				Septiembre		
	I	II	III	IV	I	II	III
No. semana							
Actividades							
Corrida con frecuencia de referencia y análisis microbilógicos	X						
Corrida con frecuencia de referencia y análisis microbilógicos		X					
Corridas de frecuencias teóricas establecidas y toma de muestras de análisis microbiológicos			X				
Corridas de frecuencias teóricas establecidas y toma de muestras de análisis microbiológicos				X			
Registrar los datos y tabularlos, para establecer la mejor frecuencia.					X		
Recopilar la información y dejar un procedimiento estandarizado para la limpieza de línea y cambio de placas.						X	
Presentar información (Informe final)							X