

**Evaluación del ozono para la desinfección de
trozos de carne fresca de cerdo en la Planta
Agroindustrial de Investigación y Desarrollo de
Zamorano**

Marcos Fernando Ramírez Chenal

Honduras
Diciembre, 2006

**ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**Evaluación del ozono para la desinfección de
trozos de carne fresca de cerdo en la Planta
Agroindustrial de Investigación y Desarrollo de
Zamorano**

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agroindustrial en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Marcos Fernando Ramirez Chenal

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2006

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Marcos Fernando Ramirez Chenal

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2006

Evaluación del ozono para la desinfección de trozos de carne fresca de cerdo en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo de Zamorano

Presentado por:

Marcos Fernando Ramirez Chenal

Aprobado:

Wilfredo Domínguez, M.Sc.
Asesor Principal

Raúl Espinal, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria

Julio López, M.Sc.
Asesor

George Pilz Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María por todas las bendiciones recibidas.

A mi madre María de los Ángeles Chenal por su apoyo, esfuerzo y ayuda.

A mis hermanos Pablo y María de los Ángeles.

A mis abuelitos Augusto y Zoila, por sus oraciones, consejos y apoyo recibido.

A mis amigos zamoranos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen María por acompañarme, bendecirme y cuidarme durante estos años vividos en Zamorano y porque nunca me abandonaron en los momentos mas difíciles.

A mi madre, por ser mi modelo a seguir en la vida, porque siempre me ha demostrado su amor, confianza, consejos, preocupaciones y por darme todo lo necesario para vivir.

A mi padre, por su ayuda y formación durante los primero años de mi vida.

A mis hermanos, por la confianza depositada en mí, por su preocupación y consejos.

A mi familia, especialmente a mis tías Aura, Alba Luz, Ana Miriam y Amparo por cuidarme, aconsejarme y preocuparse por mí a largo de toda mi vida.

A mis amigos zamoranos: Juan, Hugo, Andrés, Luís, Elmer, Weyden, Miguel y Herbert por su amistad, ayuda, consejos y por compartir los buenos y malos momentos y nunca darnos la espalda.

A mis asesores Ing. Wilfredo Domínguez y el Ing. Julio López, por su apoyo, tiempo y consejos durante la realización de esta investigación.

A Zamorano, por los conocimientos recibidos y por toda la experiencia adquirida durante estos cuatro años.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADOR

A la Fundación Paiz por el financiamiento otorgado para mis estudios de Ingeniería en Agroindustria en Zamorano.

Muy especialmente a Don Fernando Paiz por el financiamiento otorgado y por la confianza, apoyo y valiosos consejos.

RESUMEN

Ramirez, M. 2006. Evaluación del ozono para la desinfección de trozos de carne fresca de cerdo en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo de Zamorano. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 27p.

El sector alimenticio está interesado en mejorar la vida de anaquel, la inocuidad de los productos alimenticios y en explorar los nuevos usos de desinfectantes. El ozono posee mayor actividad contra las bacterias, hongos y virus que el cloro y otros compuestos químicos que se utilizan comúnmente. El objetivo del experimento fue evaluar cuantitativamente el efecto del ozono sobre microorganismos aerobios en carne fresca de cerdo y compararlo con el ácido láctico. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) analizando a través de medidas repetidas en el tiempo y separación de medias (LSD) fijando un nivel de significancia de 0.05. Se realizaron conteos de aerobios totales en tres momentos en el tiempo: antes, después y 24 horas después de la aplicación de los tratamientos sobre carne de cerdo fresca. Los tratamientos empleados fueron dos antimicrobiales, ozono (2.5ppm) y ácido láctico (1.8%), más un control sin antimicrobial. Los resultados muestran reducciones logarítmicas, inmediatamente después de aplicado el tratamiento, de 1.8 y 1.4 para el ozono y el ácido láctico respectivamente. Ambos antimicrobiales muestran reducciones estadísticamente significativas comparadas con el control en este momento ($P < 0.05$). Veinticuatro horas después de la aplicación de los tratamientos, se observó una reducción logarítmica final de 1.0 y 0.5 para ozono y ácido láctico respectivamente. En este momento, solamente el ozono se presentó estadísticamente diferente al control ($P < 0.05$).

Palabras clave: ácido láctico, aerobios totales, cárnicos.

Wilfredo Domínguez M.Sc.
Asesor principal

CONTENIDO

Portada	i
Portadilla	ii
Autoría	iii
Página de Firmas	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Agradecimientos a Patrocinadores	ii
Resumen	viii
Contenido	ix
Índice de Cuadros	x
Índice de Figuras	xi
Índice de Anexos	xii
1. REVISION DE LITERATURA	1
2. INTRODUCCIÓN	4
3. MATERIALES Y METODOS	5
3.1 Materia prima	5
3.2 Materiales para estudio	5
3.3 Equipos	5
3.4 Diseño experimental	6
3.5 Solución de ozono	6
3.6 Preparación de solución de ácido láctico	6
3.7 Aplicación de tratamientos	6
3.8 Técnica de hisopado	7
3.9 Preparación de medio para siembra	7
3.10 Análisis estadístico	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
5. CONCLUSIONES	12
6. RECOMENDACIONES	13
7. BIBLIOGRAFÍA	14
8. ANEXOS	16

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Carga de aerobios totales (Log UFC/cm²) en carne fresca de cerdo como respuesta de aplicación de desinfectantes..... 9
2. Efecto de la aplicación de desinfectantes sobre la carga de aerobios totales (Log UFC/cm²) en carne fresca de cerdo..... 10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Diagrama de flujo del experimento..... 8

INDICE DE ANEXOS

1. Cuadro de costos.....	17
--------------------------	----

1. REVISION DE LITERATURA

Los procesos en la transformación de los alimentos como la desinfección superficial del producto (crudo o procesado parcialmente) es muy importante para alcanzar la inocuidad necesaria en la industria. Según Beuchat (1991), se estima que 30% del producto fresco se pierde por la contaminación debido a microorganismos patógenos y descomponedores desde la cosecha, almacenaje, proceso, transporte, anaquel y entrega al consumidor.

El sector alimenticio tiene interés en utilizar el ozono para mejorar la vida de anaquel, la inocuidad de los productos alimenticios y en explorar los nuevos usos de desinfectantes. Este interés fue acompañado recientemente por la aprobación de los EE.UU. sobre ozono para el uso seguro en fases gaseosas y acuosas, como agente antimicrobiano en el alimento, incluyendo la carne y las aves de corral. El ozono tiene acción fuerte contra las bacterias, hongos y los virus. El ozono es conveniente para lavar el alimento sólido y este producto se ha introducido recientemente en el mercado de los EE.UU. El uso del ozono igual ayuda en la desinfección del equipo, materiales de empaquetado y procesos del ambiente. De igual forma la industria esta interesada en el uso del ozono para el procesamiento de agua, esto disminuye el uso de productos químicos y la demanda biológica del oxígeno. Este uso mejora la reutilización del agua y permite operaciones de proceso favorables al medio ambiente (FDA 2001).

El ozono comenzó a ser utilizado como agente de la desinfección dentro de la producción del agua potable en Francia en los inicios de 1900. La utilidad potencial del ozono en sector alimenticio ha demostrado ser eficaz sobre un ancho espectro de microorganismos, por encima del cloro y otros desinfectantes. Un complemento a la eficacia es el hecho de que el ozono, a diferencia de otros desinfectantes, no proviene de ningún producto químico residual y se degrada al oxígeno molecular sobre la reacción o la degradación natural. Según Rasgón G. *et al.* (2003), el ozono tiene una vida relativamente corta pero efectivo en la oxidación de las membranas celular de las bacterias patógenas y descomponedoras. El ozono gaseoso fue utilizado como agente de la preservación en almacenaje de la carne y del huevo.

Algunas aplicaciones divulgadas del ozono en la transformación y la preservación de los alimentos han sido documentadas. Ejemplos como la preservación de los pescados y de los crustáceos, donde el lavado de los pescados con ozono ha ampliado vida útil en 5

días (Rasgón G. *et al.* 2003) y fue demostrado que la exposición de crustáceos a agua ozonizada no afectó el gusto o el aspecto de los crustáceos.

El uso del ozono en alimentos se está convirtiendo en una práctica común debido a factores como el uso de cloro por el sector alimenticio de los EE.UU. que está viniendo en decrecimiento debido a los subproductos de la desinfección y la toxicidad que este tiene. El ozono ha demostrado producir mayor mortalidad contra los microorganismos que el cloro u otros productos químicos que se utilizan. El costo de recursos como el agua va en aumento y los tratamientos y descargas junto con la impulsión hacia la conservación del ambiente estimula a la industria a buscar métodos de tratamiento que permitan el reciclaje del agua de procesos. Los avances en la generación del ozono y las tecnologías de usos para la industria han continuado para hacer el proceso más confiable y económico (García A. *et al.* 2003)

El ozono es “oxígeno activo”, cada molécula del ozono consiste de tres átomos de oxígeno y su fórmula molecular es O_3 . Este gas es un purificador natural y es creado por la combinación del oxígeno en aire y los rayos ultravioletas del sol o por la descarga de corona durante una tormenta del relámpago. El ozono es relativamente inestable, tiene un olor limpio, fresco notado después de una tempestad de lluvia y es el oxidante de más alcance que puede ser utilizado con seguridad (King Ozono 2000).

En 2005 se realizó un estudio en donde se evaluaron 2 tratamientos antimicrobiales en carne de res y cerdo. El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades antimicrobianas de una solución de PronTech® (alquil dimetil bencil amonio clorado) a 200 ppm y de ácido láctico al 1.8% en canales de res y cerdo. Según Ruiz (2005), en el estudio anterior, el tratamiento con ácido láctico superó significativamente al resto de los tratamientos debido a que presentó una reducción logarítmica de 0.98 y 0.82 UFC/cm² en las en canales de res y cerdo respectivamente. Este experimento fue bastante similar en lo que se refiere a los procedimientos efectuados y las variables que se midieron. Adicionalmente, fue un parámetro para realizar el presente estudio, para poder hacer una comparación con el ácido láctico que en la primera investigación fue calificado como el mejor tratamiento.

En la investigación realizada se utilizó el equipo móvil MPI-300 que es un Sistema de Sanitización de Ozono. Este equipo puede generar ozono por medio de electricidad y éste después de formado, es inyectado a una corriente de agua potable, la cual entra en contacto con el producto o superficie. A continuación se explica las diferentes partes que conforman el equipo y como genera el ozono:

Concentrador del oxígeno: se utiliza un tamiz molecular de PSA (absorción de la presión) para quitar la suciedad, humedad, nitrógeno y otro remonta los gases, produciendo el oxígeno con mayor pureza y menos del 85% del punto de condensación que es -60° C (Del ozone 1998).

Célula de generación del ozono: la descarga de la célula de la generación del ozono consiste en aluminio conteniendo: la tierra, dos terminales cubiertas, y los sujetadores; acero inoxidable de alto voltaje, un dieléctrico de cerámica, guarnición de la entrada del oxígeno, y guarnición del enchufe del ozono. Oxígeno concentrado ingresa en la célula de generación del ozono bajo vacío. Las moléculas del oxígeno se parten en átomos de oxígeno que entonces se recombinan para formar el ozono (Del ozone 1998).

Dilución del ozono en agua: creando un vacío que mueve este gas ozono del módulo de la generación y se inyecta el ozono en la corriente. Se calibra el inyector y la fábrica que lo preestableció para disolver un mínimo del 90% del gas ozono en el agua de flujo continuo (Del ozone 1998).

Compartimiento del desgasificador: agua enriquecida con ozono sale del inyector y fluye al compartimiento de desgasificación donde el diseño de la contracorriente obliga a salir cualquier gas (Del ozone 1998).

Salida del agua ozonizada: el agua sale de la unidad a través del tubo de salida del equipo. La manguera y accesorios disponibles de la manguera se clasifican específicamente para proporcionar los parámetros exactos para la presión y el flujo necesarios para permitir que el sistema de sanitización funcione correctamente (Del ozone 1998).

2. INTRODUCCIÓN

Las industrias de alimentos se encuentran diariamente con problemas que necesitan control en cada proceso que es realizado para llegar al producto final. Entre estos se encuentran mala calidad de la materia prima, equipo dañado, contaminación del producto, mal empaquetado y temperatura de almacenamiento.

En las plantas de procesamiento de alimentos, y principalmente en el rubro de carnes, se conoce lo importante que es mantener las canales de res y cerdo en un estado de inocuidad y calidad. El principal objetivo en el área sacrificio de la planta de cárnicos es evitar el crecimiento de microorganismos patógenos y descomponedores en las diferentes canales en almacenamiento. En la carne fresca los tejidos internos no presentan contaminación microbiana, por lo que la contaminación de la carne proviene de las partes externas del mismo animal y del medio ambiente en el que se encuentra durante el sacrificio. Durante este tiempo los insumos están propensos al ambiente o a entrar en contacto con superficies o con los empleados que pueden dar lugar a una contaminación cruzada. Por estas razones la industria cárnica debe desarrollar nuevas técnicas para minimizar las cargas microbianas que están presentes en la materia prima y con esto evitar su posterior descomposición y prolongar la vida útil. Dichas técnicas tienen como principal herramienta desinfectantes orgánicos e inorgánicos, como ácido láctico, cloro y ozono.

Según Williams *et al.* (2003), el agua ozonizada puede reducir 1-2 logaritmos en canales o carcasas, estas prácticas son realizadas para minimizar las posibilidades de que las canales de cerdo sean medios para el crecimiento y reproducción de microorganismos. Esto con el objetivo de que al momento del desposte la carga sea menor y así continuar con la cadena de producción hasta el empaque buscando inocuidad y calidad en el producto final.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar cuantitativamente el efecto del ozono sobre microorganismos aerobios en carne fresca de cerdo. Así mismo, hacer una comparación estadística de las propiedades antimicrobianas del ozono y ácido láctico.

3. MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevo a cabo en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo y en el laboratorio de Microbiología de Zamorano, en donde se prepararon las unidades experimentales y se realizaron los análisis microbiológicos respectivamente.

3.1 MATERIA PRIMA

Para la elaboración de los tratamientos se utilizaron cortes industriales provenientes de la Paleta de cerdo proporcionados por la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas de Zamorano. Estos cortes tenían un peso aproximado de 1.82 Kg. cada uno.

3.2 MATERIALES PARA ESTUDIO

- Ácido láctico (PURAC FCC 88, PURAC Inc.).
- Agua Peptonada (catálogo #DF 1807-17-6, Fisher Scientific)
- Plate Count Agar (catálogo # DF 0479-17-3, Fisher Scientific)

3.3 EQUIPOS

- MPI-300 Sistema de sanitización de ozono (DEL Ozone industries)
- Balanza electrónica (marca Ohaus, modelo LS2000).
- Platos Petri (catálogo #08-757-13, Fisher Scientific)
- Bolsas para muestras estériles (catálogo #01-002-44, Fisher Scientific)
- Tubos de ensayo (catálogo #05-529-1C, Fisher Scientific)
- Puntas para pipeta estériles (catálogo #02-681-142, Fisher Scientific)
- Micropipetas (Finnpipette II, 100-1000 µl, Fisherbrand)
- Barras magnéticas (catálogo #14-511-62, Fisher Scientific)
- Agitador (catálogo #12812, Fisher Scientific)
- Mechero (catálogo #03-902, Fisher Scientific)

- Cámara de flujo laminar, Purifier class II (catálogo #36209-04, Fisher Scientific)
- Incubador (modelo 116D serie100, Fisher Scientific)
- Autoclave (modelo 109-85-E, Market Force Industries, Inc)
- Hisopos estériles
- Cuadros de cartón de 100cm² de área interna

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño BCA quedó conformado por cada una de las semanas en que se realizó el experimento siendo 4 bloques en total con 3 muestras de carne y los 3 tiempos de medición: antes de la aplicación (Antes), inmediatamente después (Después) y 24 horas después de la aplicación (24 horas) por cada bloque. A cada muestra se le aplicó un tratamiento. Los tratamientos fueron ozono (2.5ppm) aplicado durante 60 segundos, ácido láctico (1.8%) y el control, el cual no tenía desinfectante. Obteniendo un total de 12 unidades experimentales. La variable evaluada fue cambio de la carga microbiana en el tiempo según cada tratamiento, se utilizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo.

3.5 SOLUCION DE OZONO

Se utilizó una solución de agua y ozono, que fue asperjada posteriormente sobre los trozos de carne. Para esto se utilizó un equipo generador de ozono (MPI-300), para el cual el agua debió tener una presión de 0.024 Pa aproximadamente. Este gas se mezcló dentro de la máquina y se obtuvo una solución desinfectante con 2.5 ppm. Esta solución se aplicó a la muestra durante 60 segundos.

3.6 PREPARACION DE SOLUCION DE ACIDO LACTICO

La concentración utilizada en el estudio fue de 1.8%. La cantidad de producto se calculó haciendo uso del Cuadrado de Pearson, obteniendo un resultado final de 2.05 ml de ácido láctico por cada 100 ml de solución.

3.7 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

Cada muestra consistió en un trozo de carne de cerdo que recibió un tratamiento (ozono, ácido láctico y un control) antes de ser almacenado en el cuarto de refrigeración a 4°C. El muestreo se efectuó por medio de la técnica de hisopado, siguiendo el método AOAC #991.14 para muestreo de canales de res y cerdo.

3.8 TECNICA DE HISOPADO

El marco estéril, con un área interior de 100 cm² fue colocado sobre la zona a muestrear en los trozos de carne fresca de cerdo. El hisopo fue frotado sobre dicha área 4 veces en ambas direcciones. Luego, se colocó en un tubo de ensayo con 9 ml de agua peptonada. Las siembras se realizaron por duplicado el mismo día en que se tomó la muestra, utilizando el Agar para Conteos en Placa (PCA, por sus siglas en inglés) para mesófilos aerobios totales.

3.9 PREPARACION DE MEDIO PARA SIEMBRA

Se mezclaron 23.5 gramos de agar en 1 litro de agua destilada hasta obtener una solución homogénea. Luego esta fue colocada en autoclave por 15 minutos a 121°C seguidamente, se vertieron alrededor de 15-20 ml utilizando la técnica de Pour Plate para realizar el conteo microbiológico en cada plato petri.

3.10 ANALISIS ESTADISTICO

Se efectuó un análisis de varianza con una separación de medias (LSD) a través del Sistema de Análisis Estadístico (SAS®) versión 9.1, con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Este análisis se utilizó para observar diferencias entre tratamientos.

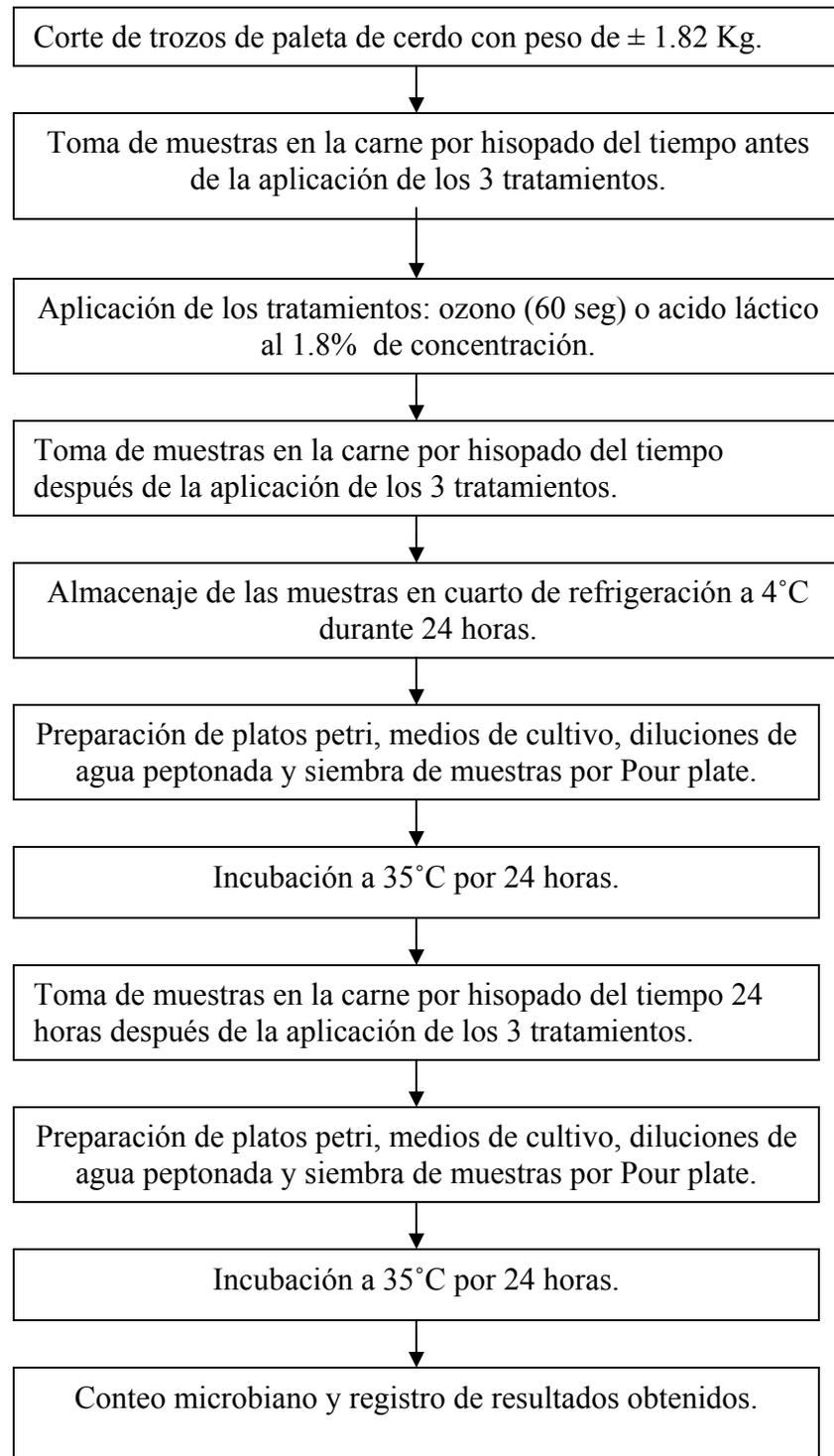


Figura 1. Diagrama de procesos del experimento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento se realizó utilizando trozos de carne fresca de cerdo, estos se trasladaron a la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo donde se tomó la muestra antes de la aplicación de los tratamientos (Antes) con hisopado y con la ayuda de un cuadro de cartón de 100cm² de área interna. Seguidamente, se aplicaron ambos antimicrobianos: ozono (MPI-300) durante 60 segundos y ácido láctico al 1.8% de concentración cada uno en la muestra correspondiente. Posteriormente, se tomaron las muestras inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos (Después). Las muestras de carne fueron almacenadas en cuarto frío a 4°C de temperatura.

Los hisopos fueron llevados al laboratorio de microbiología para siembra y conteo de aerobios totales. Por último, se tomó la muestra de 24 horas después de la aplicación de los tratamientos (24 horas), y ésta fue llevada al laboratorio de microbiología para los conteos de aerobios totales.

En los resultados siguientes (Cuadro 1) se utilizó un diseño de medidas repetidas en el tiempo y separación de medias donde vemos que el ozono y el ácido láctico son iguales estadísticamente y el efecto es inmediatamente después de aplicados.

Cuadro 1. Carga de aerobios totales (Log UFC/cm²) en carne fresca de cerdo como respuesta de aplicación de desinfectantes.*

Tratamiento	Antes	Tiempos**	
		Después	24 Horas
Acido láctico	8.2 ± 1.7 ^a	6.8 ± 1.0 ^{ab}	7.7 ± 1.6 ^a
Ozono	7.8 ± 1.4 ^{ab}	6.0 ± 0.7 ^b	6.8 ± 1.0 ^a
Control	7.3 ± 0.5 ^b	7.3 ± 0.5 ^a	7.5 ± 1.6 ^a

* Los promedios con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

** Antes, antes de la aplicación; Después, después de la aplicación y 24 horas, 24 horas después de la aplicación.

El tiempo Antes indica la carga microbiana inicial que tenían los trozos de carne al momento del hisopado. Se observa que las muestras de carne iniciaron con cargas microbianas diferentes debido al tiempo de exposición al ambiente.

En el tiempo Después se analizó el efecto causado por los tratamientos donde la separación de medias indicó que el ozono y el ácido láctico tienen el menor conteo microbiano por lo tanto no hay diferencias significativas entre ellos ($P > 0.05$). Igualmente, entre ácido láctico y el control no existen diferencias significativas. Solamente son diferentes estadísticamente el ozono y el control ($P < 0.05$).

Finalmente, en el tiempo 24 Horas se observa que las cargas de microbios van en aumento debido a que los tratamientos no tienen un efecto residual, en los resultados de este tiempo no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) debido a que al día siguiente las UFC's son muy numerosas, son valores muy similares al conteo inicial.

Los resultados se observan abajo (cuadro 2) donde Antes-Después es la resta del conteo de aerobios antes de aplicar antimicrobiales menos el conteo después de aplicar los antimicrobiales y Antes-24 horas, es la resta del conteo de aerobios antes de aplicar antimicrobiales menos el conteo 24 horas después de la aplicación. Los resultados están expresados en logaritmos.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de desinfectantes sobre la carga de aerobios totales (Log UFC/cm²) en carne fresca de cerdo*

Tratamiento	Diferencias**	
	Antes-Después	Antes-24 Horas
Ozono	1.8 ± 1.1^a	1.0 ± 1.8^a
Acido láctico	1.4 ± 2.3^a	0.5 ± 2.6^{ab}
Control***	0.0 ± 0.0^b	-0.3 ± 1.6^b

* Los promedios con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes. $P < 0.05$

** Antes-Después, antes de aplicación menos después de aplicación y Antes-24 horas, antes de aplicación menos 24 horas después de aplicación.

*** Tratamiento control no contiene antimicrobiano.

Se observa en la variable Antes-Después, que no existen diferencias significativas entre tratamientos ozono y ácido láctico, observamos que el ozono redujo 1.8 logaritmos, seguido del ácido láctico que redujo 1.4 logaritmos. Ambos tratamientos fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) al control donde no hubo reducción debido a que no contiene antimicrobiano. Estos valores indican que si existió un efecto antimicrobiano de los desinfectantes inmediatamente después de la aplicación y el sistema estadístico no encontró diferencias en el efecto de ambos.

En la variable Antes-24 Horas, se concluyó que no existen diferencias significativas entre ozono y ácido láctico ($P > 0.05$), igualmente, no existen diferencias significativas entre ácido láctico y el control; pero entre ozono y el control si existen diferencias significativas ($P < 0.05$).

En el tratamiento control el valor negativo nos indica que la carga microbiana se incrementó después de 24 Horas. Según Electrozono (2003), esto se debe a la inestabilidad de los enlaces de oxígeno que al entrar en contacto con el microorganismo el tercer oxígeno se desprende y produce oxidación, y por esto, la molécula queda nuevamente con 2 oxígenos y se pierde al ambiente.

En el experimento se demostró que el tiempo afecta a lo largo de todo el ensayo como ya se analizó anteriormente los desinfectantes pierden efecto al avanzar el tiempo (Electrozono 2003). Además, se muestra que no existe interacción entre el tiempo y los tratamientos ($P>0.06$), en cambio, sí existe interacción entre el tiempo y los bloques ($P<0.0001$) y esto se da debido a que las muestras de carne inician con diferentes cargas microbianas en cada repetición.

Los resultados que se obtuvieron expresan claramente que el tratamiento de ozono y ácido láctico fueron mejores al control estadísticamente debido a que se redujo la carga microbiana inmediatamente y a las 24 horas después. por valores mínimos en las muestras de carne fresca de cerdo. De igual forma, las observaciones sugieren que no hay efecto residual de los antimicrobiales.

5. CONCLUSIONES

Al aplicar ozono (2.5ppm) y ácido láctico (1.8%) en carne fresca de cerdo se obtuvo una reducción logarítmica microbiana significativamente mayor al control.

El efecto antimicrobiano del ozono y ácido láctico se observó inmediatamente después de aplicados en carne fresca de cerdo.

El efecto antimicrobiano después de 24 horas de aplicado el ozono y ácido láctico es igual. Así mismo, el efecto del ácido láctico y el control es igual. Sin embargo, el efecto del ozono y el control es diferente estadísticamente.

6. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio del efecto de cuartos de refrigeración desinfectados con ozono (pared y piso) sobre canales de carne.

Realizar un análisis de costos para la implementación del ozono como desinfectante en plantas de procesamiento de alimentos en Zamorano.

7. BIBLIOGRAFÍA

Beuchat, L. 1991. Behavior of *Aeromonas* species at refrigeration temperatures (en línea). *International Journal of Food Microbiology* 13:217—24.

Electrozono. 2006. Valencia, España. Electrozono-franquicia (en línea). Consultado el 10 de agosto de 2006. Disponible en:
<http://www.electrozono.com/aplicaciones-industriales.asp>

Garcia, A. Mount J.R. Davidson, P. 2003. Ozone and Chlorine Treatment of Minimally Processed Lettuce (en línea). *Journal of food science*. Consultado el 22 de septiembre 2006. Disponible en: www.ift.org

Del ozone. 1998. Manual de máquina MPI-300. Ozone Sanitation System (en línea). Consultado el 2 de Octubre de 2005. Disponible en: <http://delozone.com/products-mpi-300.html>

Department of Food Science and Technology. 2003. Ohio State University, Columbus, USA (en línea). Consultado el 20 de agosto de 2006. Disponible en:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&listuids=12402681&dopt=Abstract>

FDA. 2001. Assessment of Technologies for Pathogen Reduction or Elimination (en línea). Consultado el 30 de agosto de 2006. Disponible en:
<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/3fs3re09.html>

King ozono. 2000. King ozono. Consultado el 18 de septiembre de 2006 (en línea). Disponible en: <http://www.kingozono.com/ozono.html>

Rasgón G. Rice, Juan W. Farquhar y L. José Bollyky. 2003. Revisión de los usos del ozono por tiempos de aumento de almacenaje de alimentos perecederos (en línea). Consultado el 10 de septiembre 2006. Disponible en: <http://www.ozonize.co.za/review-of-the-applications-of-ozone-for-increasing-storage-times-of-perishable-foods.htm>

Ruiz, Alba. 2005. Evaluación de propiedades microbianas de PRONTECH (alquil dimetil bencil amonio clorado) y ácido láctico en carne fresca y canales de res y cerdo. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 57 p.

Williams, R. Sumner, Susan. Golden David. 2005. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in Apple Cider and Orange Juice Treated with Combinations of Ozone, Dimethyl Dicarbonate, and Hydrogen Peroxide (en línea). Journal of food science. Consultado el 20 de septiembre 2006. Disponible en: www.ift.org

8. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de costos.

Producto	Unidad	Precio(\$)	Cantidad por Canal	Costo por canal	
				Dolares(\$)	Lempiras(Lps.)
Ozono	Litros	0.07	6 L	0.42	8.2
Acido láctico	Kilogramos	2.60	0.135 kg	0.052	1.014

En este análisis se hace una comparación en el costo que cada desinfectante tiene por canal. Para el ozono se tomo en cuenta la inversión inicial del equipo y la depreciación que tendrá durante 10 años, y para el ácido láctico se tomó el costo por kilogramo de producto.