

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Optimización en la desinfección de canales porcinos de la Planta de
Cárnicos de Zamorano**

Estudiante

Carlos Fernando Jemio Flores

Asesoras

Mayra Márquez González, Ph.D.

Adela Acosta, D.Sc.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos	16
Ubicación del Estudio	16
Diseño Experimental.....	16
Preparación de Canales	17
Protocolo y Verificación del POE para el PCC de Aplicación del Desinfectante	17
Preparación del Ácido Acético	17
Toma de Muestras.....	18
Medición de Niveles de Contaminación	18
Análisis de <i>Escherichia coli</i> y Coliformes Totales	18
Análisis de Bacterias Mesófilas Aerobias	19
Análisis Estadístico Recuentos Microbiológicos.....	19
Evaluación del Cumplimiento de los Criterios Microbiológicos del RTCA, SENASA y USDA para Canales Porcinas	19
Evaluación de Reducción Logarítmica entre Tratamientos.....	19
Análisis Costo/Beneficio	19
Resultados y Discusión.....	20
Niveles de Contaminación	20
Eficacia de las Etapas 2 y 3.....	22
Efecto entre Tratamientos y Etapas de Muestreo	25
Análisis Costo/Beneficio	27

Conclusiones.....	29
Recomendaciones.....	30
Referencias	31
Anexos	35

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Cantidad de ácido acético empleada según su tratamiento y su pH en una solución de cinco litros.....	18
Cuadro 2 Carga inicial de las canales porcinas posterior a la etapa de eviscerado para los tres indicadores.	21
Cuadro 3 Recuento de coliformes totales (Log UFC/300 cm ²) posterior a la aplicación de ácido acético y enfriamiento.	23
Cuadro 4 Recuento de Escherichia coli (Log UFC/300 cm ²) posterior a la aplicación de ácido acético y enfriamiento.	23
Cuadro 5 Recuento de mesófilos aerobios (Log UFC/300 cm ²) posterior a la aplicación de ácido acético y enfriamiento.	25
Cuadro 6 Reducción logarítmica entre etapas y tratamientos para coliformes totales.	25
Cuadro 7 Reducción logarítmica entre etapas y tratamientos para E.coli.	26
Cuadro 8 Reducción logarítmica entre etapas y tratamientos para mesófilos aerobios.....	26
Cuadro 9 Costo de preparación de 5000 mL solución desinfectante aplicado a 11 canales de cerdo.	27

Índice de Anexos

Anexo A Etiqueta del ácido acético.....	35
Anexo B Área de sacrificio de la planta de cárnicos de Zamorano.....	36
Anexo C Zona de eviscerado de las canales.....	37
Anexo D Termómetro de las válvulas de agua y vapor.....	38
Anexo E PCC 2, desinfección.....	39
Anexo F Cuarto frío postcosecha.....	40
Anexo G Termómetro cuarto de enfriamiento.....	41
Anexo H Muestreo de canales mediante la utilización de swabs.....	42
Anexo I Resumen de SAS ara análisis microbiológicos.....	43
Anexo J Conteo de coliformes en placas expresados en UFC/cm ² y logaritmos correspondientes.....	44
Anexo K Conteo de BMA en placas expresados en UFC/cm ² y logaritmos correspondientes.....	45
Anexo L Conteo de E.coli en placas expresados en UFC/cm ² y logaritmos correspondientes.....	46
Anexo M Hoja de verificación PCC2.....	47

Resumen

La Planta de Cárnicos de Zamorano a nivel local es una de las más relevantes para la elaboración de productos de origen porcino. Actualmente, las canales de cerdo se desinfectan con ácido acético a una concentración del 2.5%, después del lavado a presión, como Punto Crítico de Control (PCC) del plan HACCP; no hay tiempo establecido de aplicación y representa un costo adicional. En este estudio se evaluó la optimización del uso de ácido acético como desinfectante para uso en canales porcinas para reducir costos e insumos en el procesamiento de las canales, manteniendo el rigor del sistema de inocuidad. Se establecieron tres tratamientos, representando cada uno una concentración distinta de ácido acético (2.5, 2.0 y 1.5%) y se prepararon las soluciones a una temperatura constante de 40 °C al mismo tiempo que se definió un tiempo de aplicación ≤ 30 segundos. Se encontró mediante muestreos de superficie y posteriores análisis microbiológicos que no hay diferencia significativa entre utilizar la concentración actual y una concentración de 2.0%; respetando los límites de $\leq 4 \log/300\text{cm}^2$ para mesófilos aerobios y $\leq 1 \log/300\text{cm}^2$ para coliformes totales y *Escherichia coli* establecidos por los entes de inocuidad. Se demostró que, respetando los protocolos de inocuidad de la planta, acompañado de la desinfección se optimiza el uso de ácido acético en cuanto a insumo utilizado. Se logró determinar que el proceso puede ser optimizado en cuanto a cantidad de ácido acético utilizada, proveyendo un ahorro de USD.0.0075 por cada canal procesada en la planta.

Palabras clave: ácido acético, coliformes, desinfectante, *Escherichia coli*, HACCP, mesófilos aerobios.

Abstract

Locally, Zamorano's meat processing plant is one of the most relevant for swine processing and as a Critical Control Point (CCP) of the HACCP plan employed. There is a process of sanitization with acetic acid at a concentration of 2.5%, after pressure wash, these with no established application time; nevertheless, this represents an important cost for the plant. Through this study, we evaluated a way to optimize the use of acetic acid as a sanitization agent by reducing its costs and use in the processing of pork carcasses, while maintaining a rigorous food safety control. Three treatments were established, representing each a different acetic acid concentration (2.5, 2.0, and 1.5% respectively) meanwhile the disinfectant solution was maintained at a constant temperature of 40 °C at the same time it was defined an application time of ≤ 30 seconds. Through sampling and further microbiological analysis, it was proved there is no significant difference in using the current concentration and one of 2.0% to ensure the pork was safe for further processing; respecting accepted criteria by various food safety agencies of $\leq 4 \log/300 \text{ cm}^2$ for mesophilic aerobic bacteria and $\leq 1 \log/300\text{cm}^2$ for coliforms and *Escherichia coli*. As well, it was demonstrated that if all food safety techniques and norms established by the processing plant, with the company of the CCP (Critical Control Point) of disinfection, acetic acid use can be optimized as for now based on quantity used per carcass. As well, it was possible to determine the process could be optimized in matter of volume of acetic acid employed, providing a cost reduction of USD.0.0075 per carcass.

Key words: acetic acid, carcasses, HACCP, optimization, pork, sanitization.

Introducción

A la fecha, se ha demostrado que la carne de cerdo es la más consumida a nivel mundial, superando el consumo de esta en comparación a la carne bovina, aviar y caprina. Los datos lo demuestran: “Carne de Cerdo con un total de 109,45 millones de toneladas producidas en 2013, está explicado por China, UE y EUA con el 70% de la producción mundial.” (Errecat et al. 2013). En definitiva, la carne de origen porcina es buscada por un gran porcentaje de la población mundial y su consumo sigue en crecimiento.

Como en todos los alimentos, siempre existe el riesgo de contraer enfermedades a causa de microorganismos presentes en la carne de cerdo, convirtiendo de esta forma la inhibición de estos, uno de los principales retos a la hora de procesar las canales porcinas. La población está interesada en consumir alimentos libre de patógenos, con la menor cantidad de aditivos químicos, que sean sensorialmente aceptables, con un valor nutricional elevado y que representen una alternativa en la prevención de enfermedades (De la Fuente Salcido y Barboza Corona 2010). Mantener un control de la carga microbiana es el pilar para obtener verdadera carne procesada de calidad. La identificación y control de microorganismos es crucial para producir carne de cerdo de forma inocua y prevenir brotes de origen alimentario en la población. Brotes a raíz de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp han causado estragos en los consumidores de productos cárnicos de origen porcino en Estados Unidos desde hace más de una década hasta la actualidad (CDC 2021). Los patógenos encontrados en grandes cantidades que pueden percibirse mediante la presencia de indicadores (coliformes totales, *Escherichia coli* y bacterias mesófilas aerobias) en canales porcinas son: *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium*, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophilia* y *Staphylococcus aureus* (Silano et al. 2018).

Dentro de la industria una de las soluciones más prácticas que han sido implementadas es la aplicación de ácidos orgánicos como agentes desinfectantes después del lavado de la canal durante la cosecha y antes de la fase de desposte. Métodos de intervención lo constituyen, la aplicación de vapor,

agua caliente, diversos agentes sanitizantes y el empleo de ácidos orgánicos de cadena corta (Santapaola 2013). Actualmente, en la Planta de Cárnicos de Zamorano se utiliza como agente desinfectante el ácido acético a una concentración del 2.5%; la aplicación de este se realiza mediante una bomba de aspersion y se rocía la solución en la superficie de la canal en tiempos que van desde los 15 segundos hasta los 25 segundos sobre toda la carcasa de la canal. El tiempo de aplicación del desinfectante aún no está cronometrado y por ello los tiempos varían de acuerdo con quien haga la aplicación.

La concentración del agente desinfectante, en este caso el ácido acético, determina el potencial que tiene el mismo de obtener una óptima reducción logarítmica en la canal y es vital que esta sea específica para lograr mayor reducción microbiana, utilizando la menor cantidad de desinfectante posible. La concentración en la cual se logra esto puede variar dentro del rango probado como eficiente de acuerdo con la literatura. Los ácidos orgánicos en concentraciones del 1 - 3% reducen la flora alterante en canales entre 1 y 3 unidades logarítmicas (González-Fandos 2014). En base al uso que pueda llegar a tener el producto final (carne de cerdo) se decide que valores utilizar en cuanto a concentración a la hora de desinfectar. La reducción logarítmica propia del desinfectante depende no solo de todos los procesos previos a ello, a pesar de su importancia; involucra también, una temperatura óptima para la solución y el pH superficial de la canal (entre más ácido sea este parámetro, mayor eficiencia tendrá el desinfectante) (Hidalgo Bravo y Olmedo Hidalgo 2017). De acuerdo a un estudio de eficiencia en el uso de ácidos orgánicos publicado en la EFSA (European Food Safety Authority); los parámetros recomendados para la aplicación óptima de ácido acético en canales porcinos son la concentración entre 1 y 3%, la temperatura de la solución a un máximo de 40 °C y el tiempo de aplicación a no más de 30 segundos para resultados óptimos (Silano et al. 2018). La principal razón para mantenernos dentro del rango en este caso es también mantener el producto lo más natural posible (sensorialmente); en concentraciones entre el 1 - 3% no afectan al color, olor, textura y apariencia de la carne (González-Fandos 2014). Los límites de temperatura y concentración no están

hechos en base a su capacidad de reducción, sino más bien en base a la aceptabilidad de la carne de cerdo bajo esos límites establecidos. Se ha demostrado incluso que de no ser por la aceptabilidad hay temperaturas para la solución más elevadas que presentan mayor capacidad de reducción.

Se han realizado estudios en diversos centros de investigación privados y públicos utilizando ácidos orgánicos que hablan sobre la optimización en el proceso de reducción de carga microbiana para la industria porcina y cárnica en general. Los mismos se han realizado utilizando recortes de la canal, así como la canal entera. En estos estudios se ha realizado el muestreo por métodos destructivos como la escisión y no destructivos como la recolección mediante hisopos y esponjas. Respetando los límites y parámetros establecidos por los planes de mitigación y vigilando los factores de temperatura y pH superficial de la canal es posible cuantificar resultados y optimizar puntos críticos de control.

La reducción de la carga microbiana en las canales porcinas se logra mediante etapas y factores. La temperatura es el siguiente límite a tener en cuenta para lograr una verdadera reducción en la carga microbiana post aplicación, es importante que luego de la aplicación de ácido acético se mantenga la canal a una temperatura adecuada mediante refrigeración, esto crea un ambiente hostil para el crecimiento de microorganismos si está dentro del rango de -2 a 3 °C; inhibe completamente la reproducción (Banwart 1989).

Es importante considerar lo que nos indican las legislaciones y regulaciones por los entes que determinan lo que se puede y no en la industria alimentaria. Actualmente, las regulaciones por las cuales se rige la industria cárnica en Honduras no impiden ni limita la concentración del ácido acético dentro de los productos cárnicos de cualquier origen siempre y cuando esta no entre en conflicto con las buenas prácticas de manufactura y vayan de acorde a los reglamentos alimentarios de inocuidad de la región (RTCA 2012). Se especifica dentro del reglamento de inocuidad alimentaria en cárnicos únicamente los límites con respecto a la temperatura de enfriamiento que no debe exceder los 10 °C

y los sanitizantes, que deben ir acordes a los planes de mitigación por parte de las plantas (SENASA 2000).

La mayoría de los alimentos cárnicos crudos de origen porcino deben ser rechazados cuando estos poseen una alta carga microbiana; $>10^2$ UFC/g para *enterobacteriácea* y $>10^6$ UFC/g para mesófilos aerobios (resultados en base a medias canales de cerdo) (FSANZ 2018). Esto nos indica inestabilidades dentro de las materias primas o fallas en los distintos puntos críticos de control establecidos para la prevención de patógenos dentro de los alimentos (ICMSF 2000). Identificar patógenos en las canales porcinas también es posible mediante la identificación de microorganismos indicadores. Los más utilizados son los de *Escherichia coli*, coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias.

Es necesario medir la contaminación para fines de saber que es mejor como método de sanitización para cada planta. Antes de cualquier análisis microbiológico aplicado para medir métodos sanitarios en la canal, se requiere cuantificar la población a reducir. En el caso de las canales porcinas este es un número imposible de determinar, pues varía mucho dependiendo de varios factores. La contaminación microbiana se puede dar en cualquier etapa de producción del porcino; tanto de producción primaria como procesamiento, estas vienen desde la cosecha, eviscerado, distribución y manipulación. También influye con gran fuerza el lugar de procedencia del cerdo, teniendo en cuenta la higiene de la granja y el tamaño de la producción (Ngo et al. 2021). Se ha demostrado que en los tejidos situados debajo del cuero no hay presencia de microorganismos, se consideran estériles. La contaminación en la carne se da por distintos medios: los asociados al tracto gastrointestinal, los asociados al procesamiento, los asociados a las instalaciones y los asociados a la manipulación (Santapaola 2013).

Al ser la Planta de Cárnicos de Zamorano una producción regida bajo un estricto plan HACCP, se determina como potencial fuente de contaminación aquellas asociadas al animal, manipulación de parte de los estudiantes y empleados y al procesamiento. Dentro de la Planta de Cárnicos de

Zamorano se ha mostrado una alta presencia de contaminación microbiana dentro del área de cosecha y procesamiento, asimismo, gran parte de la contaminación proviene de la manipulación. El incumplimiento de normas de higiene ya establecidos aumentan la probabilidad de estas poblaciones a niveles inaceptables (Cabrera Moncada 2002). Teniendo en cuenta que lo que se busca en este es medir el potencial de reducción microbiana del ácido acético como punto crítico de control, se determina que medir la población microbiana antes de la aplicación, post aplicación y post refrigeración para verificar la contaminación originada dentro de los procesos de la planta para obtener un informe completo de los niveles enteros de contaminación. La variabilidad dentro de la contaminación puede ser alta, por ello se recomienda tomar un número definido de muestras antes del estudio para tener una referencia de los valores cuantificables de contaminación presentes en la carne (Dormedy et al. 2000).

El siguiente punto considerado para la realización de pruebas fue la selección de las zonas a muestrear. Se determinó que para la realización de las pruebas se deben seleccionar correctamente las zonas a muestrear en base a su carga microbiana. Se recomiendan superficies sólidas para tomar las muestras de la canal, sin importar el método de recolección que se utilice; la carcasa del cerdo es una zona de la cual se debe recolectar las primeras muestras, aquí radica la mayor cantidad de población microbiana dentro de la canal (Yokoya y Zulzke 1974). Se determina que para el muestreo de productos crudos de origen porcino se utilicen cortes provenientes de la panza, costillas, lomo y cuello debido a la alta población microbiana dentro de estas zonas del animal (USDA 2020). En cuanto a la forma en la que se toman las muestras como tal para los análisis se utiliza principalmente el método de hisopado debido a su practicidad, este método consiste en la utilización de hisopos o esponjas hechos de alginato, algodón o alginato de calcio. El método de muestreo mediante escisión es el más preciso, sin embargo, por su naturaleza destructiva no resulta práctica para plantas procesadoras de carne; por cuestiones económicas, de tiempo y manipulación el hisopado es la técnica más utilizada; hay reportes que mediante este método se pueden cubrir <10% de la población

microbiana detectada mediante métodos destructivos; sumado a esto, el método es aceptado dentro de las regulaciones europeas y estadounidenses (Capita et al. 2004).

La siguiente consideración tomada en cuenta es el efecto que pueden llegar a tener los controles microbianos en las características propias de los alimentos, la carne de cerdos no viene siendo ninguna excepción. Al ser este un tratamiento aplicado directamente a la canal, es importante la correcta revisión de los cambios sensoriales dentro de la carne postratamiento debido a que es normal observar cambios en el color, sabor, textura y apariencia si el tratamiento es muy brusco. Dependiendo de las condiciones del tratamiento, pueden haber cambios bruscos en las características sensoriales de la carne de color, sabor, textura y aceptación general de la carne a causa del ácido acético aplicado en una cantidad muy elevada después de los 35 segundos (Smulders y Greer 1998).

Mantener la inocuidad dentro de todos los procesos relacionados a la carne de cerdo es esencial para asegurar que el producto no presentará ningún riesgo de salud para el consumidor. Entre mayor información hay de ello, mayor seguridad existe para el consumidor de que el producto es de calidad (Commission of the European Communities 2005). Sin embargo, el costo de la implementación de planes HACCP o cualquier otro protocolo sanitario en la industria cárnica puede llegar a ser elevado, mantener estos valores lo más bajo posible es esencial siempre y cuando cumplan su función. Se estima que la inversión inicial total para implementación de estos protocolos en plantas procesadoras de carne puede estar en el rango de USD 6,000.00 hasta 85,000.00 en los Estados Unidos dependiendo del tamaño de la producción. Esta estimación incluye costos de validación, sanitizantes, personal, análisis microbiológicos y equipos de aplicación (Viator et al. 2017). Se estima que solo en ácidos orgánicos el costo varía de entre USD 0.15 a 1.75 por canal en el caso de porcinos dependiendo de la escala de producción de la planta (Viator et al. 2017). Con el fin de reducir los costos por canal en el uso de ácido acético como desinfectante es que se busca hacer más eficiente la aplicación de este en las canales porcinas. Estudios prueban que su rango óptimo (en el cuál reduce mayor cantidad de unidades logarítmicas) es entre 1 y 3% de concentración aplicado durante no más de 30 segundos y

no más de 40 °C de temperatura (de la solución) a un pH ácido (la solución) para lograr una desinfección óptima sin dañar las características sensoriales de la carne (Jiménez et al. 2007; Ngo et al. 2021).

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de la concentración y tiempo de aplicación del ácido acético en la descontaminación de canales porcinas y también, realizar un análisis de costos basado en el beneficio de reducir la concentración a un tiempo de aplicación definido y una temperatura establecida.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El presente estudio se realizó dentro de las instalaciones de la sala de cosecha perteneciente a la Planta de Cárnicos de Zamorano y el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ); ambos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana.

Diseño Experimental

El diseño experimental aplicado al siguiente estudio fue un BCA (Boques Completos al Azar) con tres tratamientos distintos, tres etapas de muestreo y tres repeticiones para cada uno. En este diseño cada bloque es descrito como un tratamiento y sus respectivas etapas y repeticiones.

Para propósitos de este experimento se identificaron los siguientes tratamientos aplicados a la concentración y tiempo de aplicación.

La temperatura de la solución se mantuvo constante a 40 °C para los tres tratamientos establecidos, los cuales fueron los siguientes: Tratamiento 1 (control): 2.5% de concentración; ≤ 30 segundos de aplicación, Tratamiento 2: 2.0% de concentración; ≤ 30 segundos de aplicación y Tratamiento 3: 1.5% de concentración; ≤ 30 segundos de aplicación.

Se realizaron tres repeticiones por tratamiento para evaluar su funcionalidad en tres momentos de recolección de las muestras y se aplicaron las repeticiones en tres canales distintas por día para un total de veintisiete unidades experimentales.

Las etapas de recolección de datos para los tratamientos descritos fueron: posterior a la evisceración y lavado a presión y previo a la aplicación del ácido acético, después de un minuto de la aplicación de ácido acético y veinticuatro horas después del enfriamiento (realizado a 2 10 °C) de las muestras (1 3 °C en temperatura interna).

Los tiempos de aplicación y temperaturas fueron elegidos en base a las recomendaciones de la literatura citada (Frederick et al. 1994; Kang S et al. 2003; Jiménez et al. 2007; Gonzalez-Fandos y Herrera 2014; Silano et al. 2018) y el tiempo de aplicación actual.

Preparación de Canales

Se prepararon las canales previas al proceso de desinfección siguiendo el protocolo de procesamiento establecido en la planta bajo el Plan HACCP utilizado. En el caso de las canales porcinas una vez después del sacrificio; se procede al escaldado, amarre del recto, eviscerado y posterior lavado a presión. Es precisamente en este último paso que se procede a lavar con agua caliente las canales y realizar el corte para obtener las media canales; luego de ello, se procede al PCC (Punto Crítico de Control) de desinfección. Es importante rescatar dentro de este proceso el seguimiento de las normas de inocuidad: cuchillas y equipo de corte totalmente limpias, guantes de látex para quienes manipulan las canales y lavado con agua caliente.

Protocolo y Verificación del POE para el PCC de Aplicación del Desinfectante

La desinfección de las canales en la sala de cosecha está establecida como el último punto crítico de control del proceso de cosecha. Como en toda planta regida bajo un plan HACCP, la Planta de Cárnicos de Zamorano registra mediante respectiva documentación todo lo pertinente a este punto establecido como el PCC 2. Se debe llenar la hoja que especifica: fecha de cosecha, especie, hora de revisión, número de la canal, aspersion de ácido acético en la canal, acciones correctivas, aspersion de ácido acético en las vísceras, acciones correctivas en las vísceras e incluye la firma del operario junto con la firma del asistente inspector de la planta.

Preparación del Ácido Acético

Se prepararon tres soluciones de ácido acético en la mochila de aspersion utilizando las respectivas medidas de solución de acuerdo con el tratamiento empleado. Para el Tratamiento 1 (control; 2.5% de concentración), se utilizaron 125.19 mL de ácido acético, 100.15 mL para el Tratamiento 2 (2.0% de concentración) y 75.11 mL para el Tratamiento 3 (1.5% de concentración); todas las medidas por supuesto, diluidas en cinco litros de agua a una temperatura constante de 40 °C (Cuadro 1). El ácido acético utilizado se encontraba a una concentración de grado alimenticio de

99.85%. Asimismo, el pH de la solución se mantuvo a 2.92 para el Tratamiento control, 2.79 para el Tratamiento 2 y 2.77 para el Tratamiento 3.

Cuadro 1

Cantidad de ácido acético empleada según su tratamiento y su pH en una solución de cinco litros.

Concentración ácido acético	Cantidad de ácido acético utilizada (mL)	pH
2.5%	125.19	2.92
2.0%	100.15	2.79
1.5%	75.11	2.77

Nota. mL: mililitros

Toma de Muestras

Se llevó a cabo el muestreo de las canales mediante un método de muestreo no destructivo (esponjas humedecidas) aprobado por la USDA como método oficial de recolección de muestro (FSIS 2005). Se determinó para este estudio tomar muestras al azar de las áreas que son: lomo, barriga y cuello. Todo de acuerdo a los lineamientos para muestreo con fines de análisis microbiológicos establecidos (FSIS 2021). El área muestreada consistió en una plantilla de 100 cm² en las tres zonas mencionadas, obteniendo un muestreo de 300 cm².

Medición de Niveles de Contaminación

Se determinó que para medir la contaminación de las canales lo mejor es realizar los análisis microbiológicos de indicadores (*E.coli*, coliformes totales y mesófilos aerobios) y así promediar la contaminación natural de las canales en base a los resultados del Tratamiento 1 (control; 2.5% de concentración de ácido acético).

Análisis de *Escherichia coli* y Coliformes Totales

Se determinó la realización del análisis de *coliformes totales* y *Escherichia coli* por el método de vaciado en placa) para conteo de UFC de ambos microorganismos; para la siembra de las muestras diluidas en placas se utilizó como medio de crecimiento Agar Bilis Rojo Violeta con MUG; posterior a la incubación de las placas se realizó el conteo de coliformes totales y *E.coli* (utilizando luz ultravioleta). Los recuentos se expresaron como log UFC/cm².

Análisis de Bacterias Mesófilas Aerobias

Se determinó para la realización de este análisis el método de vaciado en placa utilizando como medio de crecimiento Agar Cuenta Estándar (ACE) para el conteo de UFC de bacterias mesófilas aerobias posteriormente a 48 horas de incubación. Los recuentos se expresaron como log UFC/cm².

Análisis Estadístico Recuentos Microbiológicos

Se realizó un análisis de varianza estadística (ANDEVA) para determinar la variación de reducción microbiana en base a la etapa que se analice y una separación de medias DUNCAN para determinar con seguridad que tratamiento vendría siendo el mejor en base a los resultados expresados. Para evitar tener valores negativos en los resultados se expresaron los datos en log UFC/300 cm² +1 y posteriormente se regresaron a sus valores iniciales.

Evaluación del Cumplimiento de los Criterios Microbiológicos del RTCA, SENASA y USDA para Canales Porcinas

Se compararon los resultados microbiológicos de indicadores obtenidos para comparar con los reglamentos establecidos para carne de cerdo y se establece si cumple o no con los límites marcados por las tres instituciones y reglamentos seleccionados, las cuales fueron: el Reglamento Técnico Centroamericano de Alimentos, SENASA y USDA.

Evaluación de Reducción Logarítmica entre Tratamientos

Se evaluaron las diferencias entre las medias obtenidas, de esta manera se evaluó la reducción logarítmica alcanzada de acuerdo con cada tratamiento empleado y etapa muestreada.

Análisis Costo/Beneficio

Se determinó el costo de aplicación por canal de los tratamientos evaluados y comprobados como eficientes mediante un análisis de costos en la herramienta Microsoft Excel.

Resultados y Discusión

Niveles de Contaminación

Los primeros resultados obtenidos en el estudio fueron aquellos pertenecientes a la primera etapa de muestreo, donde se esperaba que no hubiese diferencias significativas entre días y repeticiones ya que se buscaba únicamente medir los niveles de contaminación de las canales. Posterior al análisis estadístico, se pudo observar que no hubieron diferencias significativas en cuanto a la incidencia de los indicadores entre repeticiones con valores P de 0.21, 0.06 y 0.75 para coliformes, *E.coli* y mesófilos aerobios respectivamente, estos son los niveles de carga microbiana posterior a la fase de evisceración fueron constantes. Como se puede apreciar en el Cuadro 2, los conteos iniciales para: coliformes totales, *Escherichia coli* y mesófilos aerobios presentaron valores relativamente bajos si compramos con aquellos recolectados en canales porcinas por Chon et al. (2016), que presentaron valores en log UFC/g de 5.1 ± 0.1 , 3.6 ± 0.1 y 2.4 ± 0.1 para mesófilos aerobios, coliformes totales y *E.coli* respectivamente. También se compararon con aquellos datos de Silano et al. (2018), que mostraron cargas de 1.2 log UFC/cm² para coliformes totales y 1.66 log UFC/cm² para *E.coli*. Las diferencias entre cada estudio son debido a que la contaminación de las canales varía de acuerdo con distintos factores que no son la canal en sí. La incidencia de microorganismos potencialmente patógenos en las canales porcinas así como los indicadores, está determinada por las prácticas de higiene, manufactura y procesamiento propio de los lugares que procesan las canales, cuando existen valores altos se debe a fallas en el cumplimiento de estas prácticas por parte de los operarios (Kuri et al. 1996).

Cuadro 2

Carga inicial de las canales porcinas posterior a la etapa de eviscerado para los tres indicadores.

Grupo Indicador	Carga Inicial (log UFC/300 cm ²)	CV%
	Media ± DE	
<i>Escherichia coli</i>	0.12 ± 0.70	33.59
Coliformes totales	1.33 ± 0.88	21.87
Mesófilos aerobios	3.21 ± 0.60	8.39

Nota. CV: Coeficiente de Variación; DE: Desviación Estándar

Estos resultados son consecuencia directa del seguimiento de las normas de inocuidad establecidas en la planta y están estrechamente relacionadas con el cumplimiento de ellas por parte de los operarios y estudiantes que participan en el proceso de cosecha de cerdo desde su sacrificio hasta la evisceración.

Los datos obtenidos de la carga inicial de coliformes totales y *E.coli* pueden ser comparados con los expuestos por Blandón (2018). En el mencionado estudio, se evaluó la población de estos microorganismos en cinco etapas de la cosecha de canales bovinas, incluyendo entre ellas la post evisceración en la planta de cárnicos de Zamorano. Los recuentos en esa ocasión mostraban que había una población promedio de coliformes totales correspondientes 3.59 log UFC/300 cm² y 1.29 log UFC/300 cm² para *Escherichia coli* respectivamente. Los recuentos en esa ocasión fueron más altos que los encontrados en el presente estudio, sin embargo, según Blandón, esto se debe a que dentro de la planta de cárnicos de Zamorano existe una alta rotación de personas que ingresan a la sala de cosecha y que manipulan el equipo y herramientas para el procesamiento de las canales. La variación de los valores correspondientes a coliformes totales y *E. coli* se pueden apreciar en el mismo cuadro con los coeficientes de variación, que demuestran la variabilidad que puede existir en la carga microbiana de las canales procesadas en la planta de Zamorano dependiendo de factores como lo son: la cantidad de personas involucrados y el cumplimiento por parte de estas hacia las normas de inocuidad. De acuerdo a Gallegos et al. (2009), no difiere la especie cosechada a la hora de evaluar la carga microbiana en las canales, debido a que esta, es determinada mayormente por las prácticas y protocolos de inocuidad propios de las plantas de cárnicos. Se puede determinar con los valores

obtenidos que estas prácticas y el cumplimiento de las normas HACCP implementadas desde el 2018 a la actualidad han mejorado la inocuidad de la planta en el área de cosecha, al presentar en esta ocasión, conteos en un rango más bajo para su población microbiana previo al tratamiento con ácido acético.

La estacionalidad climática también es un factor a considerar para la determinación de cargas microbianas en superficies, de hecho, se ha demostrado que hay mayor incidencia de coliformes y *Escherichia coli* en época lluviosa que en época seca (Morales et al. 2019). Los muestreos realizados en el presente estudio fueron recopilados en los meses de abril y mayo del 2022, tiempo en el que hay una transición estacional entre la época seca y la época lluviosa en el valle de Zamorano (Lezcano 2016). El estudio recuperado de Blandón (2018), se realizó entre los meses de julio y agosto del 2018 y por ello era más probable ver incidencias mayores de los microorganismos mencionados ya que se encuentran con mayor disponibilidad en el ambiente.

Eficacia de las Etapas 2 y 3

Se encontró que no hubo diferencia significativa en la incidencia de coliformes totales y *Escherichia coli* ($P = 0.72$ y $P = 0.34$ respectivamente) de acuerdo con el tratamiento aplicado y la etapa de recolección de muestras. No obstante, la combinación entre la etapa de muestreo y el tratamiento implicado influyó en los valores correspondientes a mesófilos aerobios ($P < 0.0001$).

En los Cuadros 3 y 4 podemos apreciar los niveles de coliformes totales y *E.coli* correspondientes una vez aplicados los tres tratamientos establecidos. Los resultados obtenidos van de acuerdo a lo establecido por Gonzalez-Fandos y Herrera (2014), que indican que mediante la aplicación de ácidos orgánicos se puede lograr una reducción de entre 1 y 3 log UFC/cm² para todas las enterobacterias. Si observamos a detalle, se puede apreciar que 24 horas después de la refrigeración se logran cumplir esta reducción en los tres tratamientos, los criterios de coliformes totales y *Escherichia coli*. Mismos que indican que se precisa de ≤ 1 log UFC/cm² para asegurar la inocuidad total de potenciales patógenos como *E.coli* O157:H7 (FSIS 2005). Esto varía nuevamente

con lo recopilado por Blandón (2018), que llegó a tener conteos de hasta 2 log UFC/300 cm² más una vez finalizado el enfriamiento dentro de la misma planta.

Cuadro 3

Recuento de coliformes totales (Log UFC/300 cm²) posterior a la aplicación de ácido acético y enfriamiento.

Eliminar este espacio

Tratamiento (% concentración ácido acético)	Un minuto post-aplicación	24 horas post-refrigeración ^{NS}
	Medias ± DE	Medias ± DE
1 (2.5%)	0.33 ± 1.03 ^{Bx}	-0.68 ± 1.10 ^y
2 (2.0%)	0.79 ± 1.03 ^{ABx}	-0.52 ± 0.69 ^y
3 (1.5%)	1.10 ± 1.30 ^{Ax}	-0.21 ± 1.06 ^y
CV% : 21.87		

Nota. CV: Coeficiente de Variación; DE: Desviación Estándar; Letras A-C: Indican diferencias significativas entre tratamientos (Pr < 0.05);

Letras x-y: Indican diferencias significativas entre etapas (Pr < 0.05); NS: No hubo diferencias significativas entre tratamientos (Pr > 0.05)

Cuadro 4

Recuento de *Escherichia coli* (Log UFC/300 cm²) posterior a la aplicación de ácido acético y enfriamiento.

Tratamiento (% concentración ácido acético)	Un minuto post-aplicación	24 horas post-refrigeración
	Medias ± DE	Medias ± DE
1 (2.5%)	-0.25 ± 0.17 ^{Ax}	-0.78 ± 0.68 ^{Ay}
2 (2.0%)	-0.68 ± 0.56 ^{AB}	-0.78 ± 0.52 ^A
3 (1.5%)	0.04 ± 0.65 ^B	-0.32 ± 0.17 ^B
CV% : 33.59		

Nota. CV: Coeficiente de Variación; DE: Desviación Estándar; Letras A-B: Indican diferencias significativas entre tratamientos (Pr < 0.05);

Letras x-y: Indican diferencias significativas entre etapas (Pr < 0.05)

Se puede determinar mediante estos datos que la planta en efecto ha logrado un control de inocuidad mayor al que se llegaba en el pasado y que debido al cumplimiento de esto, se logra reflejar incluso utilizando concentraciones menores de ácido acético. Según se publicó, “En el caso de microorganismos indicadores, como por ejemplo *Escherichia coli* genérica, las enterobacterias y los recuentos totales de organismos viables (recuentos de microorganismos aerobios en placa), la presencia y/o la concentración de estos organismos indicadores deberá reflejar estados o condiciones que indiquen la existencia o inexistencia de un control del proceso” (FAO 2005). Confirmando de esta

manera, que es viable proponer una concentración de ácido acético mejor, ya que la planta está cumpliendo con parámetros estrictos de higiene a pesar de sus ya mencionadas limitaciones para hacerlo. Sin embargo, es de tener en cuenta la variabilidad que puede existir en los conteos de coliformes totales (Cuadro 3) dependiendo de las personas que se involucren en el proceso durante dicha cosecha. Los coliformes totales indican presencia de contaminación ambiental y posible incumplimiento de los protocolos de sanidad en la línea de proceso (Feng et al. 2017); por ello, es indicado decir que por los motivos y limitaciones explicados anteriormente dentro del funcionamiento de la planta puede no llegar a ser lo suficientemente constante.

En el Cuadro 5 observamos el comportamiento de los mesófilos aerobios en ambas etapas. Los datos para este microorganismo van acorde a lo establecido como lo permitido por Moragas y Valcarcel (2020), que establecen de que conteos $\leq 4 \log \text{ UFC/cm}^2$ son suficientes para indicar la calidad total e higiene de los procesos aplicados a las canales de todo origen con plena seguridad. Los conteos de mesófilos fueron comparados con aquellos recopilados por Hye-Jin y Aera (2018), que obtuvieron resultados de entre 2 y 4 log UFC/300 cm² en muestreos realizados a canales porcinas provenientes de plantas en Corea del Sur. Este es un excelente parámetro nuevamente para constatar que hay un cumplimiento de los criterios microbiológicos incluso utilizando concentraciones menores a la actual debido a que se está llevando de manera óptima el plan HACCP para la cosecha de cerdo en la producción semanal. Si comparamos nuestros resultados con los obtenidos por Ojeda y Vásquez (2010), encontramos que la reducción logarítmica al finalizar la refrigeración puede ser considerada baja; no obstante, se debe al comportamiento de este microorganismo, el cual crece en condiciones ambientales distintas y si bien se puede lograr que los rangos sean bajos, no siempre es posible su ausencia o conteos $\leq 1 \log \text{ UFC/300 cm}^2$ (USDA y FSIS 2017).

Cuadro 5

Recuento de mesófilos aerobios (Log UFC/300 cm²) posterior a la aplicación de ácido acético y enfriamiento.

Tratamiento (% concentración ácido acético)	Un minuto post-aplicación	24 horas post-refrigeración
	Medias ± DE	Medias ± DE
1 (2.5%)	2.44 ± 0.23 ^{Bx}	3.06 ± 0.22 ^{Ay}
2 (2.0%)	2.94 ± 0.95 ^{Ax}	1.85 ± 0.66 ^{By}
3 (1.5%)	2.93 ± 0.71 ^{Ax}	2.19 ± 0.55 ^{By}
CV% : 8.39		

Nota. CV: Coeficiente de Variación; DE: Desviación Estándar; Letras A-B: Indican diferencias significativas entre tratamientos (Pr < 0.05);

Letras x-y: Indican diferencias significativas entre etapas (Pr < 0.05)

Efecto entre Tratamientos y Etapas de Muestreo

De acuerdo con el Cuadro 6, se observó la mayor reducción logarítmica posterior a la aplicación de ácido acético en el Tratamiento control (ácido acético al 2.5% de concentración), para coliformes totales. Sin embargo, con los Tratamientos 2 (ácido acético al 2.0% de concentración) y 3 (ácido acético al 1.5% de concentración) se pudo apreciar que hubo mayor reducción. Esto se debe a la incorporación del enfriamiento, este proceso en sí es suficiente para reducir los conteos a valores ≤ 1 (Kang S et al. 2003).

Cuadro 6

Reducción logarítmica entre etapas y tratamientos para coliformes totales.

Tratamiento (% concentración ácido acético)	Un minuto post-aplicación	24 horas post-refrigeración ^{NS}
	Medias ± DE	Medias ± DE
1 (2.5%)	1.00 ± 0.50 ^A	2.01 ± 0.22
2 (2.0%)	0.54 ± 0.19 ^{AB}	1.85 ± 0.33
3 (1.5%)	0.23 ± 0.29 ^B	1.54 ± 0.86
CV% : 21.87		

Nota. CV: Coeficiente de Variación; DE: Desviación Estándar; Letras A-B: Indican diferencias significativas entre tratamientos (Pr < 0.05)

El Cuadro 7, describe que para *Escherichia coli*, hubo una coincidencia entre los valores de reducción para el Tratamiento control (ácido acético al 2.5% de concentración) y el Tratamiento 2 (ácido acético al 2.0% de concentración) posterior a la refrigeración. Sin embargo, el tratamiento que fue más eficiente posterior a la aplicación de ácido acético fue el que empleó un 2.0% de

concentración. Estos resultados van acorde a los estudios realizado por Silano et al. (2018) y (Gonzalez-Fandos y Herrera 2014), que demostraron que la mayor reducción logarítmica se logra utilizando una concentración de 2% de ácido acético junto con un exhaustivo y estricto tratamiento térmico.

Cuadro 7

Reducción logarítmica entre etapas y tratamientos para E.coli.

Tratamiento (% concentración ácido acético)	Un minuto post-aplicación	24 horas post-refrigeración
	Medias \pm DE	Medias \pm DE
1 (2.5%)	0.37 \pm 0.17 ^A	0.90 \pm 0.51 ^A
2 (2.0%)	0.80 \pm 0.15 ^A	0.90 \pm 0.24 ^A
3 (1.5%)	0.08 \pm 0.82 ^B	0.44 \pm 0.53 ^B
	CV% : 33.59	

Nota. CV: Coeficiente de Variación; DE: Desviación Estándar; Letras A-B: Indican diferencias significativas entre tratamientos (Pr < 0.05)

Observamos en el Cuadro 8 la reducción logarítmica para mesófilos aerobios. El tratamiento control (ácido acético al 2.5% de concentración) en esta ocasión se mostró como el más eficiente posterior a la aplicación del sanitizante. El Tratamiento 2 (ácido acético al 2.0% de concentración) mostró la mayor reducción logarítmica una vez empleado el enfriamiento y también la mayor reducción entre ambas etapas. Se mostró una anomalía entre etapas para el Tratamiento control (ácido acético al 2.5% de concentración), pues no hubo reducción de ningún tipo y en cambio aumentó la población de mesófilos aerobios. Esto se debe al comportamiento que presenta este microorganismo hacia los tratamientos térmicos y su complicado control para lograr grandes reducciones con solo la aplicación de ácidos orgánicos (USDA y FSIS 2017).

Cuadro 8

Reducción logarítmica entre etapas y tratamientos para mesófilos aerobios.

Tratamiento (% concentración ácido acético)	Un minuto post-aplicación	24 horas post-refrigeración
	Medias \pm DE	Medias \pm DE
1 (2.5%)	0.77 \pm 0.54 ^A	0.15 \pm 0.20 ^A
2 (2.0%)	0.27 \pm 0.22 ^B	1.36 \pm 0.30 ^B
3 (1.5%)	0.28 \pm 0.33 ^B	1.02 \pm 0.13 ^B
	CV% : 8.39	

Nota. CV: Coeficiente de variación; DE: Desviación Estándar; Letras A-B: Indican diferencias significativas entre tratamientos (Pr < 0.05)

Análisis Costo/Beneficio

El Cuadro 9 refleja el análisis para verificar si en efecto, reducir la concentración de ácido acético podría reducir costos en la planta. El ácido acético que compra actualmente la Planta de Cárnicos de Zamorano viene en una presentación de 10 galones (37.85 litros o 37,850 mL) a un costo de 83.13 lempiras por litro, lo que equivale a 0.083 lempiras por mL de ácido acético.

Cuadro 9

Costo de preparación de 5000 mL solución desinfectante aplicado a 11 canales de cerdo.

Concentración ácido acético	Cantidad de ácido acético utilizada en la solución (mL)	Costo del ácido acético requerido *
2.5%	125.19	HNL 10.02 USD 0.41
2.0%	100.15	HNL 8.01 USD 0.33
1.5%	75.11	HNL 6.01 USD 0.24
Costo mL de ácido acético:		HNL 0.08 USD 0.0033
Costo mL de ácido acético por canal:		HNL 0.0073 USD 0.00030

Nota. *Costo calculado en base al precio que se adquiere el ácido acético y su cantidad total para una aspersión de 468 mL de solución por canal, Fuente: Registros de contabilidad de la planta de cárnicos de Zamorano. 24.56 Lempiras (HNL) equivale a un dólar estadounidense (USD); mL: mililitros.

Considerando, que bajo criterios microbiológicos y los resultados de reducción logarítmica, se puede considerar cambiar la concentración de ácido acético a una concentración de 2.0%, hay un ahorro de 2.01 HNL por cada vez que se llena la mochila de aspersión hasta cinco litros, lo equivalente para aplicar la solución sanitizante a 11 canales porcinos. La planta adquiere sus porcinos en base a los pedidos que realizan sus clientes, semanalmente, hay una demanda de entre 35 y 40 canales; por ello, se realizó una proyección en base a la cantidad de porcinos faenados entre enero y abril del 2022. La planta de cárnicos a la fecha procesa una media de 123 porcinos mensuales, lo que equivale a 1,476 porcinos anuales. Considerando ello, con ese historial se puede lograr un ahorro de 269.99 lempiras anuales, lo que equivale a 10.99 dólares estadounidenses. La cifra puede no ser muy impresionante a primera vista, mas, si la escala de producción de cerdo aumenta, el ahorro puede ser mayor, ya que entre más grande es la producción, más significativo es el ahorro de este insumo (Viator et al. 2017).

Considerando que el protocolo de cosecha de la planta de cárnicos de Zamorano puede ser empleado por distintas plantas a nivel nacional e internacional, se puede realizar una proyección de ahorro asumiendo como constantes: que posean el mismo proveedor de ácido acético al mismo precio, que tengan un plan HACCP para cosecha similar o igual y que posean los mismos recursos de inocuidad. Una planta de procesamiento de cerdos de mediana escala a nivel internacional, se puede considerar aquellas que procesan aproximadamente 1200 canales porcinas diarias (Wheatley et al. 2014). Esto nos brinda una proyección mucho más relevante, pues, de ser aplicado el tratamiento descrito como el óptimo, los resultados sugieren que se tendría un ahorro anual de L.52,625.44 o equivalente a 2,142.92 dólares estadounidenses al cambio actual (24.56 HNL = 1 USD).

Conclusiones

El uso de ácido acético puede ser reducido a una concentración del 2.0% si se siguen al pie de la letra los demás protocolos de inocuidad para el procesamiento de porcinos.

El ahorro producido por cambiar la concentración del sanitizante en la planta no representa una cifra significativa en términos financieros para la producción actual.

Recomendaciones

Establecer un tiempo de aplicación definido y que este sea cronometrado para cada canal procesada.

Brindar seguimiento al estudio evaluando el efecto del tiempo y concentración de ácido acético en el procesamiento de canales bovinas.

Evaluar el uso de otros ácidos orgánicos (láctico y peracético en comparación al acético) como agentes sanitizantes.

Realizar un análisis exhaustivo del costo total de todas las operaciones de la planta para encontrar otros posibles puntos de ahorro.

Referencias

- Banwart GJ. 1989. Basic Food Microbiology. Segunda Edición. New York, NY: Chapman & Hall. 773 p. ISBN: 0-412-07601-2.
- Blandón DO. 2018. Prevalencia de *Escherichia coli* O157 y *Salmonella* en canales de res en la planta de cárnicos [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado 24 de mayo del 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6223/1/AGI-2018-T010.pdf>.
- Cabrera Moncada SF. 2002. Desarrollo de los procedimientos estándares de operaciones de higienización para la planta de cárnicos de Zamorano [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2320/1/AGI-2002-T006.pdf>.
- Capita R, Prieto M, Alonso-Calleja C. 2004. Sampling Methods for Microbiological Analysis of Red Meat and Poultry Carcasses. *Journal of Food Protection*. 67(6):1303–1308. doi:10.4315/0362-028X-67.6.1303.
- [CDC] Centers for Disease Control and Prevention. 2021. Pork Outbreaks. Estados Unidos: U.S. Department of Health & Human Services. 2021; [actualizado 2021].
- Chon J-W, Jung H-I, Kuk M, Lim J-S, Seo K-H, Kim S-K. 2016. Microbiological Evaluation of Pork and Chicken By-Products in South Korea. *Journal of Food Protection*. 79(5):715–722. eng. doi:10.4315/0362-028X.JFP-15-395.
- Commission of the European Communities. 2005. Commission Regulation (EC) No 2073/2005 on Microbiological Criteria for Foodstuffs. Bruselas, Bélgica: Unión Europea. [https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg2073_2005\(1\).pdf](https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg2073_2005(1).pdf).
- De la Fuente Salcido NM, Barboza Corona JE. 2010. Inocuidad y bioconservación de alimentos. *Acta Universitaria*. 20(1):43–52. <http://dx.doi.org/10.15174/au.2010.76>. doi:10.15174/au.2010.76.
- Dormedy ES, Brashears MM, Cutter CN, Burson DE. 2000. Validation of Acid Washes as Critical Control Points in Hazard Analysis and Critical Control Point Systems†. *Journal of Food Protection*. 63(12):1676–1680. doi:10.4315/0362-028X-63.12.1676.
- Errecat V Mg, Lucero M, Sosa MA. 2013. Análisis del Mercado Mundial de Carnes. Provincia de Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de San Martín; [actualizado 2013; consultado 7 de octubre del 2021]. http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/CERE%20-%20Mayo%20-%202015.pdf.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. 2005. Código de prácticas de higiene para la carne: CAC/RCP 58-2005. 58/2005. Roma, Italia: [sin editorial]. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B58-2005%252FCXP_058s.pdf.
- Feng P, Weagant SD, Grant MA, Burkhardt W. 2017. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. U.S Food and Drug Administration; [consultado 2020]. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>.

- Frederick TL, Miller MF, Thompson LD, Ramsey CB. 1994. Microbiological Properties of Pork Cheek Meat as Affected by Acetic Acid and Temperature. *Journal of Food Science*. 59(2):300–302. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb06952.x.
- [FSANZ] Food Standards Australia New Zealand. 2018. Compendium of Microbiological Criteria for Food. Australia: Food Standards, Government of Australia, Government of New Zealand. <https://www.foodstandards.gov.au/publications/pages/compendium-of-microbiological-criteria-for-food.aspx>.
- [FSIS] Food Safety and Inspection Service. 2005. Guidelines for Escherichia coli Testing for Process Control Verification in Cattle and Swine Slaughter Establishments. Washington, DC: United States Department of Agriculture; [actualizado 2022; consultado 23 de mayo del 2022].
- [FSIS] Food Safety and Inspection Service. 2021. 9 CFR § 310.25 - Contamination with microorganisms; process control verification criteria and testing; pathogen reduction standards. Estados Unidos: U.S. Department of Agriculture, Cornell University; [consultado 18 de noviembre del 2021]. <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/9/310.25>.
- Gallegos, Morales A, Álvarez G, Vásquez J, Morales L, Martínez I, Maldonado J. 2009. Caracterización de aislados de *Escherichia coli* O157: H7 en canales de bovinos y porcinos mediante PCR. *SciELO*; [consultado 25 de mayo del 2022]. 19. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=s0798-22592009000200006&script=sci_arttext&tlng=en.
- Gonzalez-Fandos E, Herrera B. 2014a. Efficacy of Acetic Acid against *Listeria monocytogenes* Attached to Poultry Skin during Refrigerated Storage. *Foods*. 3(3):527–540. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5302253/>. doi:10.3390/foods3030527.
- Gonzalez-Fandos E, Herrera B. 2014b. Efficacy of Acetic Acid against *Listeria monocytogenes* Attached to Poultry Skin during Refrigerated Storage. España: Universidad de La Rioja. eng.
- González-Fandos E. 2014. Descontaminación Microbiana de Canales. *Canales Sectoriales*. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/130026-Descontaminacion-microbiana-de-canales.html>.
- Hidalgo Bravo DC, Olmedo Hidalgo MV. 2017. Efecto de dos conservantes orgánicos (ácidos cítrico y acético) en las características físico-químicas de las carnes crudas de res y cerdo [TESIS]. Chone, Manabí, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Carrera de Ingeniería en alimentos. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1716/1/ULEAM-IAL-0021.pdf>.
- Hye-Jin K, Aera J. 2018. Evaluation of the microbiological status of raw pork meat in Korea: modification of the microbial guideline levels for meat. *Food Science Biotechnology*. 27(4):1219–1225. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6085264/>.
- [ICMSF] International Commission on Microbiological Specifications for Foods, of the International Union of Microbiological Societies. 2000. *Microorganismos de los Alimentos: Su significado y métodos de enumeración*. 2da Edición. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A. ISBN: 84-200-0908-3.
- Jiménez SM, Caliusco MF, Tiburzi MC, Salsi MS, Pirovani ME. 2007. Predictive models for reduction of *Salmonella* Hadar on chicken skin during single and double sequential spraying treatments with acetic acid. *Journal of Applied Microbiology*. 103(3):528–535. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03272.x>. doi:10.1111/j.1365-2672.2006.03272.x.

- Kang S, Jang A, Lee SO, Min JS, Kim IS, Lee M. 2003. Effect of Organic Acids on Microbial Populations and *Salmonella typhimurium* in Pork Loins. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 16(1):96–99. doi:10.5713/ajas.2003.96.
- Kuri V, Madden RH, Collins MA. 1996. Hygienic Quality of Raw Pork and Chorizo (Raw Pork Sausage) on Retail Sale in Mexico City. *Journal of Food Protection.* 59(2):141–145. eng. doi:10.4315/0362-028X-59.2.141.
- Lezcano A. 2016. Análisis de vulnerabilidad de sistemas agrícolas ante variabilidad climática en San Antonio de Oriente, F.M., Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3e91eefe-4663-4fb5-b1fa-fcf42e2b20d3/content>.
- Moragas M, Valcarcel S. 2020. Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario. Bilbao, España: [sin editorial]; [actualizado 1 de enero del 2020; consultado 23 de mayo del 2022]. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/doc_seguridad_alimentaria/es_def/adjuntos/control-alimentos/seguridad-microbiologica/normas-microbiologicas-alimentos-enero-2020.pdf.
- Morales, Solano M, Morales R, Reyes L, Barrantes K, Rosario A, Chacón L. 2019. Evaluación de la influencia de la estacionalidad climática en calidad del agua de consumo humano en un sistema de abastecimiento en San José, costa rica, periodo 2017-2018. *Revista costarricense de salud pública;* [consultado 2022]. 28(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292019000100048&script=sci_arttext&tlng=es.
- Ngo HHT, Nguyen-Thanh L, Pham-Duc P, Dang-Xuan S, Le-Thi H, Denis-Robichaud J, Nguyen-Viet H, Le TT, Grace D, Unger F. 2021. Microbial contamination and associated risk factors in retailed pork from key value chains in Northern Vietnam. *International Journal of Food Microbiology.* 346:109163. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109163.
- Ojeda CJ, Vásquez G. 2010. Aplicación de ácidos orgánicos en la reducción de microorganismos Aerobios mesófilos y Coliformes Totales y Fecales en canales de bovinos. *Revista Tecnológica ESPOL.* 10. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/210/1/350.pdf>.
- [RTCA] Reglamento Técnico Centroamericano. 2012. Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios. [67.04.54:10]. Honduras, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua: Consejo de Ministros de Integración Económica. <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>.
- Santapaola MF. 2013. Ácidos orgánicos como método de intervención. Efecto sobre agentes patógenos y alteradores relevantes en la industria frigorífica. Empleo en carne equina [TESIS]. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- [SENASA] Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Alimentaria. 2000. Reglamento de Inspección de Carnes y Productos Cárnicos. Tegucigalpa, M.D.C, Honduras: Secretaría de Agricultura y Ganadería. <https://senasa.gob.hn/images/Legal/Inocuidad/Reglamento%20de%20Inspecci%C3%B3n%20Oficial%20de%20Carnes%20y%20Productos%20C%C3%A1rnicos.pdf>.
- Silano V, Barat Baviera JM, Bolognesi C, Brüscheiler BJ, Chesson A, Cocconcelli PS, Crebelli R, Gott DM, Grob K, Lampi E, et al. 2018. Evaluation of the safety and efficacy of the organic acids lactic

and acetic acids to reduce microbiological surface contamination on pork carcasses and pork cuts. *EFS2*. 16(12). doi:10.2903/j.efsa.2018.5482.

Smulders F, Greer GG. 1998. Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programmes for muscle foods: prospects and controversies. *International Journal of Food Microbiology*. 44(3):149–169. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(98\)00123-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00123-8). doi:10.1016/s0168-1605(98)00123-8.

[USDA] U.S. Department of Agriculture, [FSIS] Food Safety and Inspection Service. 2017. Response to Questions Posed by the Department of Defense Regarding Microbiological Criteria as Indicators of Process Control or Insanitary Conditions: National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. *Journal of Food Protection*. 81(1):115–141. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/NACMCF-JFP-17-294.pdf.

[USDA] United States Department of Agriculture. 2020. Raw Pork Products Sampling Program. Washington, DC: Food Safety and Inspection Service. https://pregunteleakaren.gov/wps/wcm/connect/f68acc55-dfc1-476f-9ff8-57fa46c22e64/65-20.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=f68acc55-dfc1-476f-9ff8-57fa46c22e64.

Viator CL, Muth MK, Brophy JE, Noyes G. 2017a. Costs of Food Safety Investments in the Meat and Poultry Slaughter Industries. *Journal of Food Science*. 82(2):6. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1750-3841.13597>.

Viator CL, Muth MK, Brophy JE, Noyes G. 2017b. Costs of Food Safety Investments in the Meat and Poultry Slaughter Industries. United States: National Library of Medicine; [actualizado el 17 de nov. de 2021.000Z; consultado el 17 de nov. de 2021.685Z]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28117890/>.

Wheatley P, Giotis ES, McKeivitt AI. 2014. Effects of slaughtering operations on carcass contamination in an Irish pork production plant. *Ir Vet J*. 67(1):1. eng. doi:10.1186/2046-0481-67-1.

Yokoya F, Zulzke ML. 1974. Method for Sampling Meat Surfaces. Sao Paulo, Brasil: Universidade Estadual de Campinas. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC187025/pdf/applmicro00022-0147.pdf>.

Anexos

Anexo A

Etiqueta del ácido acético.



Anexo B

Área de sacrificio de la planta de cárnicos de Zamorano.



Anexo C

Zona de eviscerado de las canales.



Anexo D

Termómetro de las válvulas de agua y vapor.



Anexo E

PCC 2, desinfección.



Anexo F

Cuarto frío postcosecha.



Anexo G

Termómetro cuarto de enfriamiento.



Anexo H

Muestreo de canales mediante la utilización de swabs.



Anexo I

Resumen de SAS ara análisis microbiológicos.

Microorganismo		Mean Square	Valor F	Pr > F
Coliformes totales	Repetición	0.20	1.79	0.21
	Tratamiento	0.66	5.88	0.02
	Tratamiento x repetición	0.50	4.39	0.02
	Etapa	7.59	67.36	< 0.0001
	Tratamiento x Etapa	0.06	0.52	0.72
	<i>Escherichia coli</i>	Repetición	0.22	3.63
	Tratamiento	0.56	9.28	0.004
	Tratamiento x repetición	0.86	14.26	0.0002
	Etapa	1.26	20.76	0.0001
	Tratamiento x Etapa	0.08	1.25	0.34
BMA	Repetición	0.18	3.25	0.075
	Tratamiento	0.004	0.08	0.93
	Tratamiento x repetición	0.015	0.27	0.89
	Etapa	1.59	29.18	< 0.0001
	Tratamiento x Etapa	0.88	16.22	< 0.0001

Anexo J

Conteo de coliformes en placas expresados en UFC/cm² y logaritmos correspondientes

TRATAMIENTO 1	Repetición	Etapa de Muestreo	DILUCIONES				TEMPERATURA °C		UFC/cm2	Log	Log +1
			10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	PLANTA	LABORATORIO			
2.5%	1	1	45	6	AUSENCIA	AUSENCIA	24.9	18.4	15.00	1.18	2.18
		2	6	1	AUSENCIA	AUSENCIA	25.6	19	2.00	0.30	1.30
		3	1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.5	14.4	0.33	-0.48	0.52
	2	1	51	3	2	AUSENCIA	25.2	19.8	17.00	1.23	2.23
		2	2	1	1	AUSENCIA	23.3	18.9	0.67	-0.18	0.82
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	3.9	14.2	0.17	-0.78	0.22
	3	1	58	7	2	1	23.3	20.2	19.33	1.29	2.29
		2	23	2	AUSENCIA	AUSENCIA	24.7	18.3	7.67	0.88	1.88
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.6	14.9	0.17	-0.78	0.22
TRATAMIENTO 2	Repetición	Etapa de Muestreo	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³					
2%	1	1	35	6	AUSENCIA	AUSENCIA	26	17.1	11.67	1.07	2.07
		2	9	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	25.8	17	3.00	0.48	1.48
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	4.8	10.6	0.17	-0.78	0.22
	2	1	40	10	AUSENCIA	AUSENCIA	24.3	16.4	13.33	1.12	2.12
		2	21	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	26.2	19.1	7.00	0.85	1.85
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	3.2	11.7	0.17	-0.78	0.22
	3	1	61	11	AUSENCIA	AUSENCIA	27	18.3	20.33	1.31	2.31
		2	34	5	AUSENCIA	AUSENCIA	26.5	16.7	11.33	1.05	2.05
		3	3	1	AUSENCIA	AUSENCIA	3.7	14.6	1.00	0.00	1.00
TRATAMIENTO 3	Repetición	Etapa de Muestreo	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³					
1.5%	1	1	188	29	AUSENCIA	AUSENCIA	27.8	20.4	62.67	1.80	2.80
		2	109	10	AUSENCIA	AUSENCIA	25.6	20.2	36.33	1.56	2.56
		3	26	1	AUSENCIA	AUSENCIA	2.7	15.2	8.67	0.94	1.94
	2	1	174	18	AUSENCIA	AUSENCIA	24.9	19.5	58.00	1.76	2.76
		2	27	3	AUSENCIA	AUSENCIA	25.5	19.8	9.00	0.95	1.95
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.7	12	0.17	-0.78	0.22
	3	1	52	4	AUSENCIA	AUSENCIA	26.9	20.1	17.33	1.24	2.24
		2	18	8	AUSENCIA	AUSENCIA	26.5	18.8	6.00	0.78	1.78
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.2	13.9	0.17	-0.78	0.22

Anexo K

Conteo de BMA en placas expresados en UFC/cm² y logaritmos correspondientes.

TRATAMIENTO	Repetición	Etapa de Muestreo	DILUCIONES					TEMPERATURA °C		UFC/cm ²	Log	
			10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³		PLANTA	LABORATORIO			
TRATAMIENTO 1	1	1	206	138	41	3		24.9	18.4	1366.67	3.14	
		2	126	89	4	1		25.6	19	133.33	2.12	
		3	116	76	42	3		2.5	14.4	1400.00	3.15	
	2.5%	1	335	76	11	2		25.2	19.8	366.67	2.56	
		2	226	66	9	AUSENCIA		23.3	18.9	300.00	2.48	
		3	189	36	24	1		3.9	14.2	800.00	2.90	
		3	1	347	185	18	3		23.3	20.2	600.00	2.78
			2	243	111	16	2		24.7	18.3	533.33	2.73
			3	226	104	41	14		2.6	14.9	1366.67	3.14
TRATAMIENTO 2	1	1	380	303	129	16		26	17.1	4300.00	3.63	
		2	235	189	20	2		25.8	17	666.67	2.82	
		3	122	34	2	AUSENCIA		4.8	10.6	66.67	1.82	
	2%	1	382	165	67	12		24.3	16.4	2233.33	3.35	
		2	244	140	24	17		26.2	19.1	800.00	2.90	
		3	144	53	1	AUSENCIA		3.2	11.7	33.33	1.52	
		3	1	308	156	98	4		27	18.3	3266.67	3.51
			2	296	134	38	1		26.5	16.7	1266.67	3.10
			3	121	30	5	AUSENCIA		3.7	14.6	166.67	2.22
	TRATAMIENTO 3	1	1	309	126	70	14		27.8	20.4	2333.33	3.37
			2	149	72	34	3		25.6	20.2	1133.33	3.05
			3	160	83	7	AUSENCIA		2.7	15.2	233.33	2.37
1.5%		1	274	86	36	7		24.9	19.5	1200.00	3.08	
		2	227	64	31	4		25.5	19.8	1033.33	3.01	
		3	125	61	2	0		2.7	12	66.67	1.82	
		3	1	312	124	84	31		26.9	20.1	2800.00	3.45
			2	136	38	16	3		26.5	18.8	533.33	2.73
			3	109	57	7	AUSENCIA		2.2	13.9	233.33	2.37

Anexo L

Conteo de E.coli en placas expresados en UFC/cm² y logaritmos correspondientes

TRATAMIENTO	Repetición	Etapa de Muestreo	DILUCIONES				TEMPERATURA °C		UFC/cm ²	Log	Log +1	
			10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	PLANTA	LABORATORIO				
TRATAMIENTO 1	1	1	2	1	AUSENCIA	AUSENCIA	24.9	18.4	0.67	-0.18	0.82	
		2	1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	25.6	19	0.33	-0.48	0.52	
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.5	14.4	0.17	-0.78	0.22	
	2.5%	2	1	1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	25.2	19.8	0.33	-0.48	0.52
			2	1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	23.3	18.9	0.33	-0.48	0.52
			3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	3.9	14.2	0.17	-0.78	0.22
		3	1	10	2	AUSENCIA	AUSENCIA	23.3	20.2	3.33	0.52	1.52
			2	5	2	AUSENCIA	AUSENCIA	24.7	18.3	1.67	0.22	1.22
			3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.6	14.9	0.17	-0.78	0.22
TRATAMIENTO 2	1	1	2	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	26	17.1	0.67	-0.18	0.82	
		2	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	25.8	17	0.17	-0.78	0.22	
		3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	4.8	10.6	0.17	-0.78	0.22	
	2%	2	1	6	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	24.3	16.4	2.00	0.30	1.30
			2	1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	26.2	19.1	0.33	-0.48	0.52
			3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	3.2	11.7	0.17	-0.78	0.22
		3	1	4	1	AUSENCIA	AUSENCIA	27	18.3	1.33	0.12	1.12
			2	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	26.5	16.7	0.17	-0.78	0.22
			3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	3.7	14.6	0.17	-0.78	0.22
TRATAMIENTO 3	1	1	28	8	AUSENCIA	AUSENCIA	27.8	20.4	9.33	0.97	1.97	
		2	18	3	AUSENCIA	AUSENCIA	25.6	20.2	6.00	0.78	1.78	
		3	12	1	AUSENCIA	AUSENCIA	2.7	15.2	4.00	0.60	1.60	
	1.5%	2	1	9	1	AUSENCIA	AUSENCIA	24.9	19.5	3.00	0.48	1.48
			2	4	2	AUSENCIA	AUSENCIA	25.5	19.8	1.33	0.12	1.12
			3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.7	12	0.17	-0.78	0.22
		3	1	1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	26.9	20.1	0.33	-0.48	0.52
			2	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	26.5	18.8	0.17	-0.78	0.22
			3	0.5	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	2.2	13.9	0.17	-0.78	0.22

