

RECUENTO DE COLIFORMES Y *Escherichia coli* EN CANALES BOVINAS SOMETIDAS A TRATAMIENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

RECOUNT OF COLIFORMS AND *Escherichia coli* IN CATTLE CARCASSES UNDER PHYSICAL AND CHEMICAL TREATMENTS

CONTAGEM DE COLIFORMES E *Escherichia coli* EM CARCAÇAS DE BOVINOS SOB TRATAMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Eduardo Javid Corpas-Iguarán¹, Juan Sebastián Arcila-Henao²

RESUMEN

Se evaluó el recuento de coliformes totales y Escherichia coli en canales bovinas sometidas a diferentes tratamientos que incluyeron combinaciones de los métodos de lavado, desinfección y vaporización, utilizando el diseño completamente aleatorizado de un factor con 3 repeticiones. El muestreo se realizó mediante frotis de superficie en tres áreas diferentes de la muestra (espalda, pecho y anca), que fueron posteriormente analizadas mediante el método de recuento en placa. Al aplicar secuencialmente los métodos de remoción microbiana se apreció la disminución progresiva en el recuento de coliformes totales y E. coli, y en la variabilidad de los datos, principalmente en los tratamientos C, D y E. La prueba de contrastes múltiples de Friedman mostró la inexistencia de diferencias estadísticas entre los recuentos de los tratamientos C y E en la muestra 2, indicando la ineficacia de la vaporización como coadyuvante de la acidificación para disminuir el recuento de los microorganismos de estudio. Las pruebas de comparación en muestras independientes mostraron resultados idénticos a la prueba de Friedman, excepto

Recibido para evaluación: 17 de noviembre de 2013. **Aprobado para publicación:** 4 marzo de 2014

1 Universidad Católica de Manizales, Instituto de investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial, Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico para el Sector Agroindustrial y Agroalimentario. Especialista en Microbiología Industrial. Manizales, Colombia.

2 Universidad Católica de Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Grupo de Investigación en Desarrollos Tecnológicos y Ambientales. Magister en Ingeniería Química - Automatización. Manizales, Colombia.

Correspondencia: ecorpas@ucm.edu.co; eduardocorpas@hotmail.com

para el recuento de *E. coli* entre los tratamientos D y E, sugiriendo que la vaporización tiene efecto significativo para potenciar la disminución del recuento del microorganismo en las canales.

ABSTRACT

We evaluated the recount of total coliforms and *Escherichia coli* in cattle carcasses submitted to different treatments which included combinations of the methods of washing, disinfecting and vaporizing, using the completely randomized design of a factor with 3 replications. Sampling was carried out by swab surface in three different areas of the simple. (back, chest and rump), which were subsequently analyzed by the plate count method. When applying sequentially microbial removal methods, was observed the progressive decrease in total coliform counts and *E. coli*, and variability of the data, mainly in treatments C, D y E. Multiple contrasts proof of Friedman revealed the no statistical differences between counts of the treatments C and E in the sample 2, indicating the inefficacy of vaporization as coadjuvant of the acidification to decrease counting of the microorganisms of study. Comparison tests on independent samples showed identical results to the Friedman test, except for counting of *E. coli* between treatments D y E, suggesting that vaporization has significant effect to enhance the diminution of count of microorganisms on carcasses.

RESUMO

Foi avaliada a contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* em carcaças de bovinos submetidos a tratamentos diferentes, os quais incluíam combinações dos métodos de lavagem, desinfecção e vaporização, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado dum fator com 3 repetições. A amostragem foi feita por esfregação de superfície em três áreas diferentes da amostra (costa, peito e anca), que foram posteriormente analisadas pelo método de contagem em placa. Ao aplicar sequencialmente os métodos de remoção microbiana foi observada uma redução progressiva na contagem de coliformes totais e *E. coli*, e na variabilidade dos dados, principalmente nos tratamentos C, D e E. O teste de contrastes múltiplos de Friedman, mostrou a ausência de diferenças estatísticas entre as contagens dos tratamentos C e E na amostra 2, indicando a ineficácia da vaporização como um adjuvante da acidificação para diminuir a contagem dos microrganismos de estudo. Os testes de comparação em amostras independentes mostraram resultados idênticos aos do teste de Friedman, salvo para a enumeração de *E. coli* entre os tratamentos D e E, sugerindo que a vaporização tem efeito significativo para reforçar a diminuição do número de microrganismos nas carcaças.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un interés creciente en los tratamientos de descontaminación efectiva de las canales cárnicas por la probable presencia de patógenos [1], transferidos a partir de materia fecal desde las pezuñas, el cuero o el intestino durante el faenado [2]. La seguridad en la producción alimentaria depende de la

PALABRAS CLAVE:

Agentes de Control de Microorganismo, Bovinos, Inocuidad de los Alimentos, Ácidos Orgánicos, Vapor.

KEYWORDS:

Cattle, Control Agents for Microorganisms, Food Safety, Organic Acids, Steam.

PALAVRAS-CHAVE:

Ácidos Orgânicos, Agentes de Controle de Microrganismos, Bovinos, Inocuidade dos Alimentos, Vapor.

garantía de inocuidad en cada lote de producción, el manejo apropiado de los programas prerrequisitos y la aplicación correcta de sistemas como el Análisis de Peligros y determinación de Puntos Críticos de Control (HACCP), basado primordialmente en una cultura de prevención [3].

Para la aplicación del sistema HACCP, se tiene como herramienta el uso de indicadores microbiológicos que sugieren la posible prevalencia de patógenos, entre los que se encuentra el recuento de coliformes y de *E. coli* [4]. Se ha demostrado que el control de estos microorganismos guarda relación con el desarrollo de estrategias integrales que involucran la higiene en las instalaciones, la capacitación del personal y la higiene en el proceso de desposte [5]. Así mismo, la minimización de la posibilidad de presencia patógena se garantiza por medio de tratamientos como el lavado con altas presiones hidrostáticas [5], el tratamiento térmico de canales [6 – 9] y la acidificación con ácidos orgánicos, [8, 10, 11]. Además se ha estudiado el efecto descontaminante del vapor combinado con ultrasonido para reducción de *Campylobacter* alcanzando disminuciones significativas en condiciones de procesamiento industrial [12].

Otras estrategias complementarias son, la disminución de la aparición fecal de cepas patógenas a través del uso de dietas a base de granos y forrajes [13], vacunación contra patógenos [14]; además de actividades desarrolladas con el ganado en pie, entre las que figuran, el uso de probióticos aditivos alimentarios, que concomitantemente con las medidas de durante el beneficio del ganado, favorecen la prevalencia de patógenos como *E. coli* serotipo O157H:7 en las canales [15], cuya prevalencia del 2% es netamente de origen fecal [16].

Igualmente, se ha demostrado que el músculo bovino es estéril [7], por lo cual, si se controla la contaminación cruzada no es necesaria la adopción de estrategias adicionales después del lavado de las canales [17], incluso en fases tan susceptibles como la evisceración [18]. Sin embargo, la realidad de las empresas en Colombia es que por tener notables fallencias higiénico-sanitarias y limitadas estrategias que trasciendan los programas de capacitación hacia la sensibilización del operario, se ven abocadas a utilizar tratamientos subsecuentes al lavado para asegurar la eliminación de los patógenos. Teniendo en cuenta los planteamientos anteriormente mencionados, se evaluó el efecto de diferentes métodos físicos y químicos sobre el recuento de coliformes totales y *E. coli* en las canales bovinas.

MÉTODO

Lugar de estudio

Las actividades de muestreo se llevaron a cabo en un frigorífico ubicado en la ciudad de Manizales, mientras el análisis microbiológico de las muestras se realizó en el laboratorio de análisis de alimentos del Instituto de Investigación en Microbiología y Biotecnología de la Universidad Católica de Manizales (Colombia).

Diseño experimental

Análisis estadístico aplicado. Se realizó el análisis para dos tipos de muestras de canal bovina, basado en el diseño de un factor completamente aleatorizado con repeticiones; cada muestra fue sometida a condiciones de tratamientos parcialmente distintas y secuenciales, y para cada tratamiento se analizaron tres áreas diferentes de la muestra (espalda, pecho y anca), en consonancia con las indicaciones del decreto 1500 [19] y la resolución 2905 [20]. Para el análisis de la información se utilizó una prueba no-paramétricas debido a la violación de los supuestos de Normalidad y homocedasticidad en los resultados de las variables de respuesta. En primera instancia se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman para muestras relacionadas o dependientes, con el fin de encontrar diferencias entre los tratamientos, en cada tipo de muestra de canal bovino, basado en la media de los rangos establecidos en la prueba, bajo un nivel de significancia de 0,05. Posteriormente se realizó la prueba de Mann Whitney, para contrastar la diferencia entre tratamientos independientes, entre los dos tipos de muestra de canal bovino, con el mismo nivel de significancia.

Se evaluaron secuencialmente los recuentos de coliformes totales y *E. coli* después de aplicar los métodos de lavado y acidificación de las canales sin vaporización para la muestra 1, y lavado, vaporización y acidificación para la muestra 2. Específicamente, se tuvieron en cuenta los tratamientos (Tto.): Tto A (antes del lavado), Tto B (lavado), Tto C (lavado–vaporización), Tto D (lavado–acidificación) y Tto E (lavado–vaporización– acidificación), aplicados a las canales como métodos de remoción microbiana (cuadro 1). Es importante aclarar que el Tratamiento A no corresponde a un método de eliminación de microorganismos, sino que constituye una línea base en ambas muestras.

Variable de respuesta. Las variables de respuesta fueron, el recuento de coliformes totales, como indi-

Cuadro 1. Muestreo de las canales bovinas teniendo en cuenta los tratamientos suministrados.

	Tto. A	Tto. B	Tto. C	Tto. D	Tto. E
Muestra 1	3 R	3 R		3 R	
Muestra 2	3 R	3 R	3 R		3 R
R= Repeticiones.					

cador de la presencia de patógenos [21], y el recuento de *E. coli* como representante común de los patógenos zoonóticos [22]. Los datos fueron analizados mediante el software estadístico SPSS versión 18® y Matlab versión 11ª ®.

Prueba de Hipótesis. Se establecieron las siguientes afirmaciones, para las pruebas de contraste:

H_0 : No hay diferencia entre las medias de los rangos de las variables analizadas.

H_1 : Hay diferencia entre las medias de los rangos de las variables analizadas.

Procedimiento experimental

Las canales fueron seleccionadas por medio de la técnica de muestreo al azar, y el muestreo se realizó inmediatamente después de cada tratamiento, exceptuando las muestras correspondientes a los tratamientos D y E, que fueron tomadas 24 horas después de la adición del ácido orgánico utilizado, pesto que se requiere un tiempo similar para lograr el efecto desinfectante [23]. Los procedimientos de remoción microbiana evaluados tuvieron las siguientes condiciones:

Lavado. Se adicionó agua potable a la superficie de la canal con suficiente presión durante 30 segundos, efectuando la actividad desde el área superior de la canal izada (pierna trasera), hasta su área inferior (pierna delantera).

Vaporización. Se inyectó vapor de agua a la superficie de la canal a 85°C durante 20 segundos a una distancia promedio de 3 cm.

Acidificación. Se asperjó durante 30 segundos una mezcla comercial (Citrosan) de ácido cítrico y ácidos orgánicos, preparada en volumen de 3 mL/ L.

Toma de Muestra. Se humedeció el aplicador estéril en un tubo que contenía cinco ml de caldo letheen (Merck, Alemania) y se frotó con este un área de 100

cm² de la superficie de la canal a muestrear. El escobillón fue introducido en el tubo respectivo, el cual fue cerrado, mantenido en refrigeración a $4 \pm 2^\circ\text{C}$ y llevado inmediatamente al laboratorio para el análisis respectivo en el término de las siguientes 2 horas posteriores al muestreo.

Método de Análisis Microbiológico. El método de análisis microbiológico utilizado se denomina recuento en placa sugerido por el Standard Methods, fundamentado en el crecimiento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) al mezclar en cajas de Petri estériles, 1 mL de los microorganismos contenidos en la suspensión de caldo letheen y 18-20 mL de agar Cromocult (Merck, Alemania) estéril, a temperatura entre 40 y 45°C. Las cajas se incubaron durante 48h, a una temperatura de $35 \pm 2^\circ\text{C}$.

RESULTADOS

Comportamiento del recuento de coliformes totales en las canales bovinas

Los resultados de ambas muestras bovinas expresan dinámicas similares, en cuanto a la diferente y decreciente variabilidad de los datos obtenidos a lo largo de los tratamientos, existiendo recuentos mayores en los tratamientos A y B, en comparación con los subsecuentes a estos (figura 1). Este resultado confirma la condición de variabilidad diferente entre los tratamientos de remoción microbiana en las canales bovinas reportada en otro estudio [24]. Igualmente, los resultados de ambas muestras indican que el lavado de las canales (tratamiento B) no fue suficiente para lograr una remoción óptima de coliformes totales, por lo cual se requiere potenciar su efecto, con el generado por los otros tratamientos de remoción.

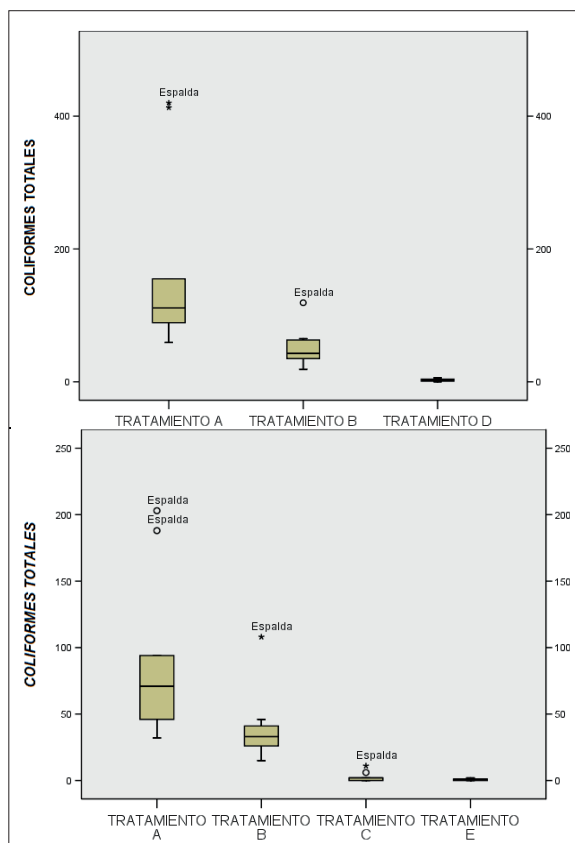
Además se pueden observar algunos datos atípicos, principalmente en los tratamientos A y B (figura 1), correspondientes a unidades de muestra tomadas del área de espalda, en contraste con otro estudio, en el cual, la mayor tasa de contaminación correspondió al área del pecho [24]. Este comportamiento podría estar relacionado con la susceptibilidad de la zona a ser contaminada con microorganismos desde utensilios de corte y por arrastre durante el lavado de la canal, donde los microorganismos del área de pierna y anca podrían ser trasladados hacia la espalda. Esta condición sin embargo, no parece repercutir en la eficacia final de eliminación de coliformes totales cuya tenden-

cia es cercana a 0 UFC/100 cm² después de los tratamientos D (figura 1, arriba) y C y E (figura 1, abajo).

Por otra parte, en la figura 1 se observa que el tratamiento D (figura 1, arriba) y los tratamientos C y E (figura 1, abajo) muestran una distribución de datos casi constante y menor a la obtenida en los datos correspondientes a los tratamientos A y B, lo que indica que la combinación entre métodos de lavado, desinfección y vaporización promueven la estabilidad en cuanto a remoción de coliformes totales. La reducción de los recuentos de coliformes totales a menos de 3 UFC/100 cm² en cada uno de estos tratamientos deriva en una menor posibilidad de la presencia de bacterias patógenas en las canales, por cuanto los coliformes totales constituyen un indicador higiénico sanitario.

Posteriormente, se aplicó el análisis de varianza a los datos de recuento de coliformes totales provenientes de los tratamientos de las canales bovinas, encontrándose, para las muestras 1 y 2, P-valores (1.1139e⁻⁴ para la muestra 1 y 2.3145e⁻⁶ para la muestra 2)

Figura 1. Diagrama de caja para los recuentos de coliformes totales en muestras 1 (arriba) y 2 (abajo).



inferiores al nivel de significancia de la prueba, que correspondió a $\alpha=0,05$, indicando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamiento aplicados.

Además de esto, se determinó, mediante el estadístico de chi cuadrado de Friedman, que las interacciones entre los tratamientos y el lugar de la toma de datos no presentan relación alguna dentro de los recuentos de coliformes totales obtenidos.

Comparación de rangos múltiples aplicado a la remoción de coliformes totales para la muestra 1. Al emplear la prueba de contrastes múltiples de Friedman se encontró que los recuento de coliformes totales obtenidos al aplicar el tratamiento A eran estadísticamente distintos de los generados al emplear el tratamiento D (figura 2). Este hallazgo corrobora el comportamiento denotado en el respectivo análisis del diagrama de caja y bigote para la muestra 1 (figura 1, izquierda), confirmando además, la condición determinante de aplicar el método de acidificación para alcanzar mayores niveles de remoción, lo cual ha sido previamente confirmado en otros estudios [10, 11].

Igualmente, se corroboró la apreciación inicial, en la cual, debido a la variabilidad de los datos no se pudieron establecer diferencias entre los tratamientos B y D, pero además, la variabilidad del tratamiento B, por causa de recuentos significativamente menores, en comparación con los recuentos promedios, podría ser una indicación en la cual, la reducción de la contaminación cruzada a partir de prácticas apropiadas de higiene, derivaría en procesos que no requerirían métodos adicionales de eliminación de coliformes totales. Previos estudios han indicado que el lavado favorece significativamente la reducción de microorganismos [5].

Comparación de rangos múltiples aplicado a la remoción de coliformes totales para la muestra 2. La figura 3 es consecuente con el diagrama de caja y bigote (figura 1, abajo) en cuanto a la reducción paulatina del recuento de coliformes totales, a medida que se ejecutan los diferentes tratamientos de remoción, pero además se puede establecer que los recuentos obtenidos en los tratamientos C y E presentan diferencias respecto al proceso A.

Igualmente, se puede apreciar que el método de acidificación incluido en el tratamiento E potencia la reducción ejercida por el tratamiento C (que incluye la vaporización), aunque no existen diferencias estadísticas entre estos tratamientos. La eficacia del proceso

Figura 2. Comparación de rangos de Friedman para el recuento de coliformes totales en la muestra 1.

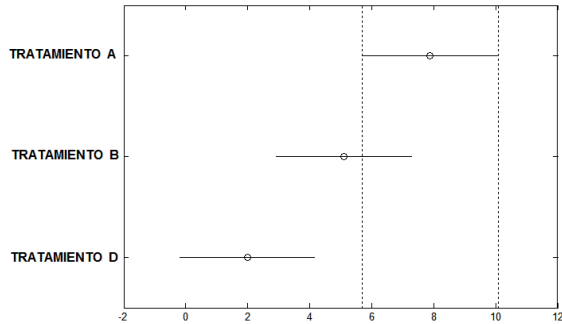
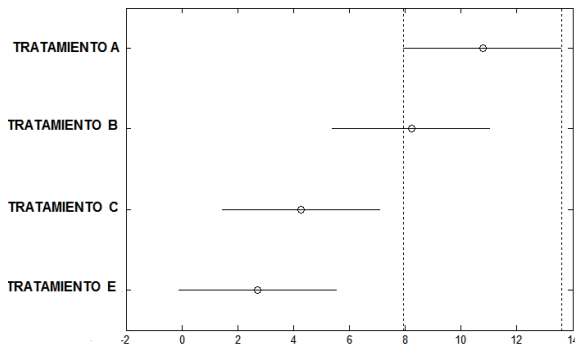


Figura 3. Comparación de rangos de Friedman para el recuento de coliformes totales en la muestra 2.

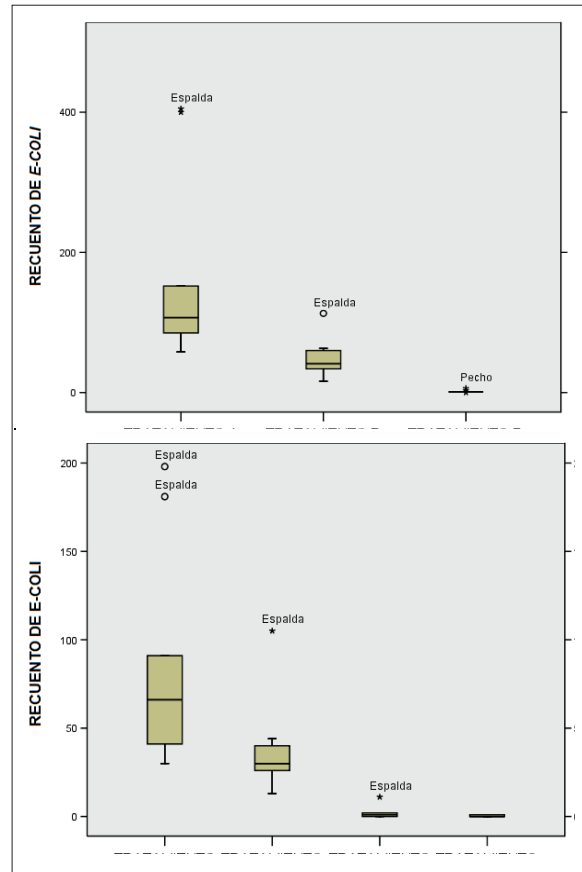


de vaporización frente a otros métodos de remoción microbiana se ha relacionado con la capacidad de penetración en áreas de difícil acceso [9], y con el control de factores operacionales como temperatura y distancia de la superficie blanco, y del producto, como la carga microbiológica inicial y el tipo de microorganismo [7]; mientras la eficacia de la remoción a partir del uso de ácidos orgánicos se afecta por el tipo de tejido, carga microbiológica inicial, concentración y temperatura de la solución [8].

Comportamiento del recuento de *E. coli* en las canales bovinas

Al igual que ocurrió con la población de coliformes totales, se observa que a medida que transcurrieron las etapas de los tratamientos utilizados para la remoción de *E. coli*, la variabilidad de los datos disminuyó hasta obtenerse una distribución uniforme cuyo valor medio se aproxima a cero (figura 4); y se presentaron datos atípicos en cada tratamiento, excepto en el proceso E de la muestra 2. Además, los tratamientos D (en la

Figura 4. Diagrama de caja para los recuentos de *E. coli* en muestras 1 (arriba) y 2 (abajo).



muestra 1) y C y E (en la muestra 2), generaron un recuento de *E. coli* cercano a 0 UFC/100cm².

Al efectuar el respectivo análisis de varianza a los datos provenientes de cada tratamientos de remoción de *E. coli* en las canales bovinas para las muestras 1 y 2, se encontraron diferencias, bajo un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ entre los recuentos obtenidos en los tratamientos A, B y D para las muestras 1 (con un P-valor de $2,7472e^{-5}$) y entre los procesos A, B, C y E para la muestra 2 (con un valor P-valor de $2.3855e^{-5}$). Al igual que ocurrió con la remoción de coliformes totales, no se presentó relación entre los tratamientos de remoción de *E. coli* y el área de la canal a partir de la cual se tomaron los datos.

Comparación de rangos múltiples aplicado a la remoción de *E. coli* para la muestra 1. La prueba de comparación de rangos múltiples de Friedman aplicada a la remoción de *E. coli* en los diferentes tratamientos

incluidos en la muestra 1, indica que las diferencias estadísticas obtenidas en el análisis de varianza aplicado, provienen específicamente de los recuentos generados en los tratamientos A y D (figura 5). Además, no se evidencian diferencias entre los tratamientos B y D, lo cual, en coherencia con el comportamiento del recuento de *E. coli* denotado en el diagrama de caja y bigote (figura 4, izquierda), podría ser causa de la variabilidad de los datos provenientes del tratamiento B en la muestra 1.

Comparación de rangos múltiples aplicado a la remoción de *E. coli* para la muestra 2. La prueba de comparación de rangos de Friedman muestra la existencia de diferencias a favor de los tratamientos C y E en comparación con el tratamiento A (figura 6), comprobándose la eficacia de los métodos de acidificación y vaporización, incluidos en estos tratamientos, para potenciar la remoción de *E. coli*. Las reducciones de los recuentos son comparables a las presentadas por otros estudios utilizando agua a entre 80 y 85°C [6, 7] o ácidos orgánicos al 2% [25].

Figura 5. Comparación de rangos de Friedman en cuanto al recuento de *E. coli* para la muestra 1.

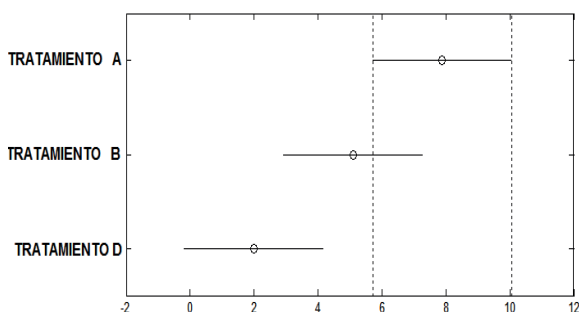
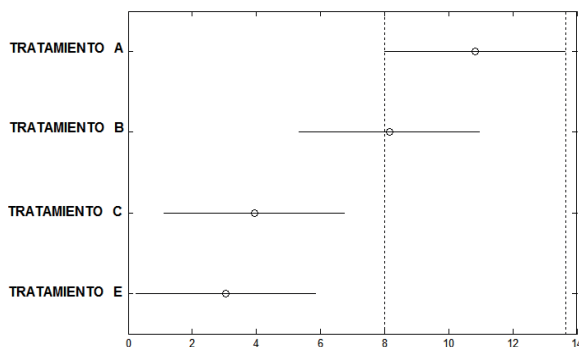


Figura 6. Comparación de rangos de Friedman en cuanto al recuento de *E. coli* para la muestra 2.



Por otra parte, al comparar los tratamientos C y E se denota la inexistencia de diferencias en los recuentos obtenidos, lo cual indica que el uso de vaporización no garantiza una eliminación significativamente mayor de *E. coli* con respecto a los recuentos obtenidos después de la acidificación. A pesar de esto, es importante tener en cuenta que el recuento máximo de *E. coli* en el tratamiento E fue de 1 UFC/cm², donde además, no se presentaron datos atípicos, lo cual podría ser relevante para la empresa al momento de garantizar las condiciones regulatorias establecidas en la resolución 2905, donde se establece que en un consecutivo de 13 muestras, no deben existir más de 3 que superen el límite superior del rango marginal correspondiente a 100 UFC/cm² [20].

Comparación del recuento de coliformes totales en muestras independientes. Se aplicó la prueba de Mann Whitney buscando establecer diferencias entre dos muestras independientes no secuenciales correspondientes a los tratamientos C (muestra 2), D (muestra 1) y E (muestra 2). En la comparación 1 (cuadro 2), el valor P del estadístico de prueba fue de 0,04, menor que el nivel de significancia de 0,05 que especifica el test, lo cual indica una diferencia entre las medias de los rangos de los tratamientos, equivalente a un menor valor de rango medio en el tratamiento D (lavado-acidificación); mientras en la comparación 2, el valor P correspondió a 0,86 frente al mismo nivel de significancia, indicando que no existe diferencia entre las medias de los tratamientos D (lavado-acidificación) y E (lavado-vaporización-desinfección).

Ambos resultados indican que la vaporización no potencia significativamente la disminución en el recuento de coliformes totales ejercida por la desinfección.

Comparación del recuento de *E. coli* en muestras independientes. La prueba de Mann Whitney, en relación a las diferencias de los recuentos de *E. coli* entre las muestras no secuenciales arrojó un valor P de 0,483, mayor al nivel de significancia de 0,05 en la comparación 1 (cuadro 3), indicando que no existen diferencias entre los recuentos de *E. coli* obtenidos en los tratamientos C y D; en contraste, la comparación 2 reveló un valor P de 0,013 que corresponde a la existencia de diferencias entre los tratamientos D y E, en favor del tratamiento E. Contrario a los resultados obtenidos para el recuento de coliformes totales, la comparación indicó que la vaporización se presenta como una mejor alternativa para potenciar la disminución del recuento de *E. coli* en comparación con el tratamiento que utiliza acidificación sin vaporización. Esta circuns-

Cuadro 2. Comparación de rangos medios en los tratamientos en cuanto al recuento de coliformes.

	Tratamientos	Media de rangos	Suma de Rangos
Comparación 1	Tto C	6,50	19,5
	Tto D	3,30	16,5
Comparación 2	Tto E	4,93	34,5
	Tto D	5,25	10,5

Cuadro 3. Comparación de rangos medios en los tratamientos en cuanto al recuento de *E. coli*.

	Tratamientos	Media de rangos	Suma de Rangos
Comparación 1	Tto C	8,67	78,0
	Tto D	10,33	93,0
Comparación 2	Tto E	6,67	60,0
	Tto D	12,33	111,0

tancia podría estar relacionada con la condición de termorresistencia propia de *E. coli* en comparación con los coliformes totales.

CONCLUSIONES

Los tratamientos que incluían los métodos de vaporización y acidificación fueron los más eficientes para la reducción del recuento de coliformes totales y *E. coli*, generando disminuciones promedio menores a 3 UFC/100cm² en las canales; sin embargo, la prueba de comparación de rangos de Friedman demostró la inexistencia de diferencias estadísticas al comparar el recuento de las poblaciones de estudio entre los tratamientos C y E, indicando que la integración de la vaporización como proceso coadyuvante de la acidificación para la remoción de los microorganismos de estudio, no se considera indispensable. Las pruebas de comparación en muestras independientes mostraron idénticos resultados, excepto para el recuento de *E. coli* al aplicar los tratamientos D y E, sugiriendo que la vaporización tiene efecto significativo para potenciar la disminución del recuento del microorganismo en las canales.

AGRADECIMIENTOS

A la universidades Católica de Manizales y el frigorífico Friogan S.A. por el apoyo para el desarrollo del proyecto respectivo (acuerdo 2010-016 del 27-01-2011).

REFERENCIAS

- [1] LORETZ, M., STEPHAN, R. and ZWEIFEL, C. Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef carcasses. *Food Control*, 22 (3–4), 2011, p. 347–359.
- [2] GREIG, J., WADDELL, L., WILHELM, B., WILKINS, W., BUCHER, O., PARKER, S. and RAJIĆ, A. The efficacy of interventions applied during primary processing on contamination of beef carcasses with *Escherichia coli*: A systematic review-Meta-Analysis of the published research. *Food Control*, 27 (2), 2012, p. 385–397.
- [3] WALLACE, C., HOLYOAK L., POWELL, S. and DYKES, F. HACCP – The difficulty with Hazard Analysis. *Food Control*, 35 (1), 2014, p. 233–240.
- [4] MILIOS, K., DROSINOS, E. and ZOIPOULOS, P. Food Safety Management System validation and verification in meat industry: Carcass sampling methods for microbiological hygiene criteria. A review. *Food Control*, 43 (1), 2014, p. 74–81.
- [5] LINDBLAD, M. and BERKING, C. A meat control system achieving significant reduction of visible faecal and ingesta contamination of cattle, lamb and swine carcasses at Swedish slaughterhouses *Food Control*, 30(1), 2013, p. 101–105.
- [6] LORETZ, M., STEPHAN, R. and ZWEIFEL, C. Antibacterial activity of decontamination treatments for pig carcasses. *Food Control*, 22(8), 2011, p. 1121–1125.
- [7] HUFFMAN, R. Current and future technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat. *Meat Science*, 62(3), 2002, p. 285–294.
- [8] KOUTSOUMANIS, K., ASHTON, L., GEORNARAS, I., BELK, K., SCANGA, J. and KENDALL, P. Effect of single or sequential hot water and lactic acid decontamination treatments on the survival and growth of *Listeria monocytogenes* and spoilage microflora during aerobic storage of fresh beef at 4, 10, and 25°C. *Journal of Food Protection*, 67(12), 2004, p. 2703–2711.
- [9] JAMES, C., JAMES, S., HANNAY, N., PURNELL, G., BARBEDO-PINTO, C. and YAMAN, H. Decontamination of poultry carcasses using steam or hot water in combination with rapid cooling, chilling or freezing of carcass surfaces. *International Journal of Food Microbiology*, 114(2), 2007, p. 195–203.
- [10] ZWEIFEL, C. and STEPHAN, R. Microbial decontamination of poultry carcasses. *International Microbial Decontamination in the Food Industry*, 2012, p. 60–65.

- [11] DIKICI, A., ARSLAN, A., YALCIN, H., OZDEMIR, P., AYDIN, I. and CALICIOGLU, M. Effect of Tween 20 on antibacterial effects of acidic, neutral and alkaline decontaminants on viability of *Salmonella* on chicken carcasses and survival in waste decontamination fluids. *Food Control*, 30(2), 2013, p. 365–369.
- [12] MUSAVIAN, H., KREBS, N., NONBOE, U., CORRIGY, J. and PURNELL, J. Combined steam and ultrasound treatment of broilers at slaughter: A promising intervention to significantly reduce numbers of naturally occurring campylobacters on carcasses. A review. *International Journal of Food Microbiology*, 176(1), 2014, p. 23–28.
- [13] DOYLE, M. and ERICKSON, M. Opportunities for mitigating pathogen contamination during on-farm food production. *International Journal of Food Microbiology*, 152(3), 2012, p. 54–74.
- [14] CALLAWAY, T., ANDERSON, R., EDRINGTON, K., GENOVESE, K., HARVEY, R. and POOLE, T. Novel methods for pathogen control in livestock pre-harvest: an update. *Advances in Microbial Food Safety*, 2013, p. 275–304.
- [15] HALBERG, M., DALMASSO, M., INGMER, H., LANGSRUD, S., MALAKAUSKAS, M. and MADER, A. Persistence of foodborne pathogens and their control in primary and secondary food production chains. *Food Control*, 44(1), 2014, p. 92-109.
- [16] MÁTTAR, S., PIEDRAHITA, D. y MÁRQUEZ, T. Detección de *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella spp.*, en cerdos del departamento de Córdoba. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 9(1), 2004, p. 386-392.
- [17] OQUENDO, M. Incidencia de *Escherichia coli* serotipo O157:H7 en carne proveniente de ganado bovino de mataderos de Puerto Rico [Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos]. Mayagüez (Puerto Rico): Universidad de Puerto Rico, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2006, 76 p.
- [18] BLANCO, D., MEDEL, I., MARTÍN, M., CALVO, B., SIPAN, A. y SIERRA, I. Influencia del faenado y la estación sobre la contaminación microbiana superficial en canales de “Ternasco de Aragón”. XXVI Jornadas Científicas y V Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Sevilla (España): 2001, p.167-176.
- [19] COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto número 1500: Sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos. Bogotá (Colombia): 2007, 41 p.
- [20] COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución número 2905: reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios y de inocuidad de la carne y productos cárnicos comestibles. Bogotá (Colombia): 2007, 75 p.
- [21] SAVICHTCHEVA, O. and OKABE, S. Alternative indicators of fecal pollution: Relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Research*, 40(13), 2006, p. 2463–2476.
- [22] GWYTHYR, C., JONES, D., GOLYSHIN, P., EDWARDS-JONES, G. and WILLIAMS, A. Fate of pathogens in a simulated bioreduction system for livestock carcasses. *Waste Manage*, 32 (5), 2012, p. 933–938.
- [23] CUDJOE, K. The effect of lactic acid sprays on the keeping qualities of meat during storage. *International Journal of Food Microbiology*, 7(1), 1998, p. 1–7.
- [24] UNTERMANN, F., STEPHAN, R., DURA, U., HOFFER, M. and HEIMANN, P. Reliability and practicability of bacteriological monitoring of beef carcass contamination and their rating within a hygiene quality control programme of abattoirs. *International Journal of Food Microbiology*, 34(1), 1997, p. 67–77.
- [25] BOSILEVAC, J., NOU, X., BARKOCY-GALLAGHER, G., ARTHUR, T. and KOOHMARAIE, M. Treatments using hot water instead of lactic acid reduce levels of aerobic bacteria and *Enterobacteriaceae* and reduce the prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 on previsceration beef carcasses. *Journal of Food Protection*, 69(8), 2006, p. 1808–1813.