

Comparación de diferentes tratamientos antimicrobianos en la descontaminación de carne cruda de cabeza y mejilla de res

Solis, K.¹, Vega, D.², Severt, N.², Pozuelo, K.², Lucia, L. Moradi, N.¹, Thippareddi, H.³, Phebus, R.², Castillo, A.¹ y Acuff, G.¹

¹Department of Food Science, Texas A&M University, 474 Olsen Blvd, College Station, TX 77843, USA

² Department of Animal Sciences and Industry, Kansas State University, 2900 College Avenue, Manhattan, KS 66506-1600, USA

³ Department of Poultry Science, University of Georgia, 110 Cedar St, Athens, GA 30602, USA

Correo electrónico: karla.solis@tamu.edu

Palabras clave: STEC, descontaminación, Petrifilm.

Introducción

A nivel mundial *Escherichia coli* es reconocida como uno de los principales patógenos transmitidos por alimentos, siendo el agente causal de cientos de brotes anualmente [1-4]. En reportes recientes se estima que *E. coli* O157:H7 es la responsable de más de 63000 casos de enfermedad en los Estados Unidos anualmente [5]. El Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria de los Estados Unidos (FSIS por sus siglas en inglés) reconoce los serogrupos O157, O26, O45, O103, O111, O121 y O145 de *E. coli* productora de toxina *Shiga* (STEC) como adulterantes en carne no intacta de res, por lo que su control en los establecimientos de sacrificio y plantas de procesamiento de carne es sumamente importante [6,7].

La carne de res puede contaminarse con STEC durante el sacrificio y procesamiento del animal. El posicionamiento de la canal durante el sacrificio puede permitir que microorganismos presentes en las superficies de la canal migren a la cabeza [8,9]. En la industria de la carne se han diseñado y estudiado diferentes métodos para reducir eficazmente la contaminación microbiana en los cortes primarios y subprimarios [10-14]. Sin embargo, no muchos estudios se centran en el uso de estas intervenciones en cortes de carnes no tradicionales o menudencias. Delmore *et al.* [13], evaluaron el uso de diferentes tratamientos antimicrobianos en la descontaminación de carne de mejilla, intestino, labios, hígado, rabo y lengua de res, mediante dos métodos de aplicación (aspersión e inmersión). De los antimicrobianos estudiados, tanto el ácido láctico (LA) como el acético (AA) ambos a una concentración de 2%, redujeron organismos mesófilos aerobios en 5 de las 6 variedades de carne estudiadas de 0,7-2,6 ciclos logarítmicos por cualquiera de los métodos de aplicación, mientras que la inmersión en agua caliente (AC) resultó en reducciones de 1.1-1.4 ciclos logarítmicos en los mismos tipos de carne. [13].

En otro estudio, se evaluó la efectividad de diferentes sustancias antimicrobianas para reducir *E. coli* O157:H7 inoculada en carne de cabeza y mejilla de res utilizando una cabina de lavado de cabezas de bovinos [11]. Los tratamientos antimicrobianos evaluados en ese estudio incluyeron AC, LA, FreshFx® (FF, antimicrobiano comercial), agua oxidante electrolizada ácida y alcalina y agua ozonizada (OZ), los cuales resultaron en reducciones en el recuento de *E. coli* O157:H7 de 1,72, 1,52 y 1,06 log UFC/cm² para AC, LA y FF respectivamente, mientras que las reducciones obtenidas con EO y OZ fueron menores a 0,50 log UFC/cm² [11].

El uso a nivel industrial de intervenciones antimicrobianas en la reducción de patógenos en cortes de carne no tradicionales, entre estos la carne cabeza y mejilla de res, no ha sido ampliamente estudiado o implementado. El objetivo del presente estudio es examinar la aplicación de intervenciones antimicrobianas comúnmente utilizadas en el tratamiento de canales de res [ácido láctico (LA), ácido peroxiacético (PAA), ácido peroxiacético acidificado (aPAA) y 1,3-dibromo-5,5-dimetilhidantoína (DBDMH)] en la reducción de sustitutos de STEC en la carne fresca de cabeza y mejilla de res durante el procesamiento de la misma.

Metodología

Obtención de la carne: Las cabezas de bovino fueron separadas de reses sacrificadas en una planta comercial de sacrificio de gran producción localizada en el estado de Nebraska. Las cabezas se separaron de la línea de producción comercial y se transfirieron a un espacio asignado en un piso diferente dentro de la planta para su posterior inoculación y tratamiento.

Preparación del Inóculo: El inóculo fue preparado a partir de cepas congeladas pertenecientes al laboratorio de Inocuidad y Seguridad Alimentaria de la Universidad de Kansas (Kansas State University, Manhattan, KS). El mismo consistió en una mezcla de 5 cepas de *E. coli* no patógena del Biotipo I (sustitutos de STEC). Las cepas están identificadas en el ATCC (American Type Culture Collection), como: *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers ATCC BAA-1427, ATCC BAA-1428, ATCC BAA-1429, ATCC BAA-1430, y ATCC BAA-1431, y las mismas han sido validadas en diversos estudios como sustitutos de STEC ya que presentan propiedades de resistencia a ácidos y resistencia térmica similar a STEC O157:H7 [15-17]. Cada cepa de *E. coli* fue inoculada en 40 ml de caldo infusión cerebro-corazón (Difco Laboratories, Detroit, MI) e incubada a 37°C por 24 h. Volúmenes iguales de cada cultivo fueron mezclados en botellas para centrifuga estériles de 250 ml, para obtener una concentración aproximada de 10^8 UFC/ml. La mezcla de cepas fue centrifugada a $4105 \times g$ por 15 min a 4°C utilizando una centrifuga Beckman J2-21M/E (Beckman Coulter, Inc., Indianapolis, IN). El sobrenadante fue descartado asépticamente y el paquete celular fue almacenado a 4°C hasta el momento de usarse. Varias botellas similares fueron preparadas para posteriores inoculaciones. Para cada uno de los experimentos en la planta de sacrificio, se extrajo del refrigerador una botella con el paquete celular, el cual fue suspendido en 200 ml de agua peptonada al 1%, y diluido a un volumen de 2000 ml con agua peptonada 1%. Esta suspensión diluida fue utilizada para inocular las cabezas.

Inoculación de la carne: En cada cabeza, se inoculó la suspensión diluida tanto dentro de la cavidad oral como sobre la superficie externa. La cavidad oral interna de cada cabeza fue inoculada con 3 ml del inóculo utilizando una botella aspersora desechable, mientras que la superficie de la cabeza fue inoculada utilizando una brocha de esponja de 5 cm de amplitud (SeaChoice, Pompano Beach, FL) para extender 50 ml del inóculo en toda la superficie externa. Este procedimiento resultó en una concentración aproximada de 10^4 UFC/cm² en las cabezas de res después de inocular. Luego de la inoculación, las cabezas de res se dejaron reposar por un periodo de 30 min a temperatura ambiente para permitir la adhesión bacteriana previo al tratamiento antimicrobiano. Después del periodo de adhesión, 2 de las cabezas fueron deshuesadas inmediatamente para obtener muestras de cabeza y mejilla de entre 100 y 120 g para determinar el inóculo inicial. Estos datos fueron usados como control.

Diseño experimental: el estudio fue diseñado en dos fases. En la primera fase se condujo la comparación de tratamientos usando cabezas de res obtenidas en el área de sacrificio. Esta fase se completó en dos réplicas. En cada replica 20 cabezas de res fueron inoculadas superficialmente con las bacterias sustitutas de STEC y se dejaron reposar para permitir adherencia bacteriana según se describió anteriormente. Posterior a esto, cada cabeza fue asignada a un tratamiento de inmersión en: agua, LA (1 y 2%), DBDMH (200 y 400 mg/L), aPAA (200 y 400 mg/L) y PAA (200 y 400 mg/L). Para cada uno de estos tratamientos se evaluaron dos tiempos de inmersión: 5 y 15 minutos. En la segunda fase del experimento, se evaluaron dos antimicrobianos en dos réplicas adicionales. Para cada réplica, ocho cabezas de res fueron inoculadas y asignadas aleatoriamente a tratamiento por inmersión durante 5 o 15 minutos en agua, LA al 2% o PAA a 400 mg/L y un control consistente en carne inoculada sin ningún tratamiento. Los recuentos obtenidos con estos tratamientos tanto en la primera como en segunda fase se incluyeron en el análisis estadístico.

Tratamientos antimicrobianos: Para cada tratamiento, las soluciones fueron preparadas de acuerdo a las instrucciones del fabricante en cilindros de plástico de 208 L de capacidad. Dentro de cada cilindro conteniendo agua o solución antimicrobiana se agregó suficiente hielo para enfriar a 3°C. La concentración, temperatura y pH de cada solución fue registrada previo y posterior a cada tratamiento. La concentración de los compuestos de marca protegida (aPAA y DBDMH) fue verificada por representantes de la compañía fabricante. Las cabezas fueron asignadas aleatoriamente al tratamiento antimicrobiano correspondiente, sumergiéndose en el cilindro con la solución correspondiente y agitando manualmente por 5 o 15 minutos según el tratamiento respectivo. Una vez transcurrido el tiempo de inmersión las cabezas se dejaron drenar por 5 minutos en ganchos metálicos. Posterior a este tiempo cada cabeza fue examinada visualmente para determinar cambios en el color o apariencia producto del tratamiento. Cada cabeza fue deshuesada y las muestras de carne de cabeza y mejilla fueron obtenidas para determinar el recuento de *E. coli* posterior al tratamiento. Todas las muestras fueron colocadas en bolsas Whirl-Pack estériles a las cuales se les añadieron 225 ml de caldo neutralizante D/E. Las bolsas fueron selladas, etiquetadas adecuadamente y

mantenidas en cadena de frío para su transporte al laboratorio y posterior análisis dentro de un máximo de 6 h.

Durante la segunda fase del estudio se evaluó la presencia de microorganismos sobrevivientes en las soluciones de inmersión posterior al tratamiento. Inmediatamente después de extraer las cabezas sometidas al tratamiento, se recolectaron 50 ml de cada solución residual utilizando un cucharón de aluminio desinfectado y se transfirieron a una bolsa Whirl-Pack estéril, a la cual se le agregaron 100 ml de caldo D/E, mezclando por masaje de la bolsa. Estas muestras fueron mantenidas en frío y se almacenaron y transportaron junto con las muestras de carne.

En el laboratorio, las muestras fueron homogenizadas para proceder a las diluciones seriadas en agua peptonada al 0.1% y posterior siembra en placas de Petrifilm *E. coli*/Coliform (Petrifilm™ EC,3M™ St. Paul, MN, USA), incubando a 37 °C por 24 h para enumeración de colonias de color azul con producción de gas.

Análisis estadístico: los recuentos bacterianos fueron transformados a log UFC/g previo al análisis estadístico. Los datos fueron analizados en búsqueda de diferencias significativas entre tratamientos antimicrobianos utilizando el software JMP (JMP Pro, v14.0.0, SAS Institute Inc., Cary, NC). La función *Fit Model* fue utilizada para el análisis de varianza (ANOVA), determinando interacciones del modelo completo. Se realizaron comparaciones de medias de mínimos cuadrados utilizando la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

Primera fase: El recuento de *E. coli* obtenido en las muestras control de carne de cabeza y mejilla fue de 3.9 ± 0.02 log UFC/g y 3.6 ± 0.4 log UFC/g, respectivamente. En la Figura 1. se observan los recuentos de *E. coli* obtenidos posterior al tratamiento, en general mayores reducciones fueron obtenidas en carne de mejilla. Los tratamientos con mayor reducción en el recuento de *E. coli* en carne de mejilla fueron aPAA (200 mg/L), 2% LA y PAA (200 mg/L) aplicados durante 15 min con reducciones de 1.7, 1.5 y 1.4 log UFC/g respectivamente. En carne de cabeza la mayor reducción en el recuento de *E. coli* fue obtenida con el tratamiento de inmersión por 15 min en PAA (200 mg/L) (1.2 log CFU/g).

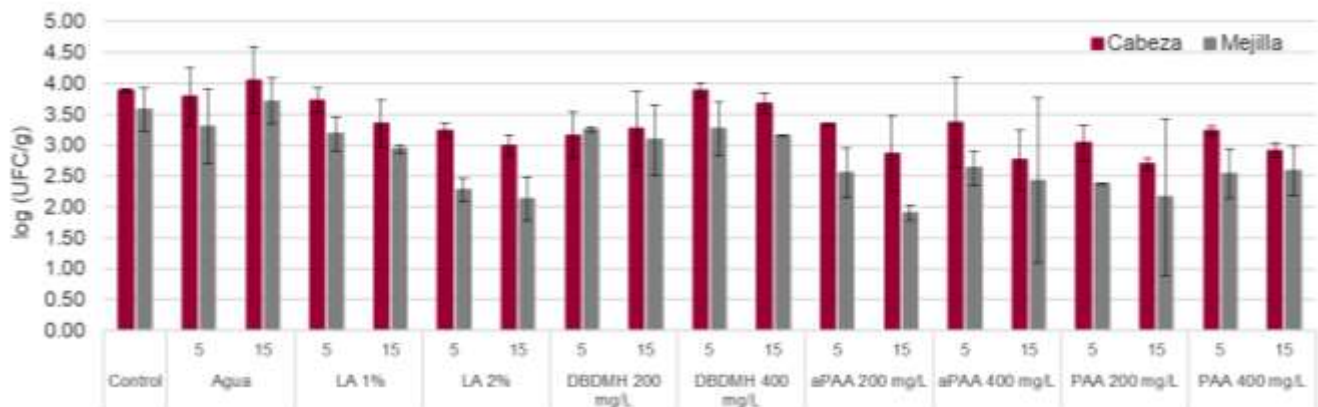


Figura 1. Logaritmo de la concentración de *E. coli* en carne de cabeza y mejilla de res luego del tratamiento con soluciones antimicrobianas (n=2).

Los recuentos bacterianos obtenidos posterior al tratamiento con PAA y aPAA fueron comparables entre sí. Resultados similares han sido reportados, Britton *et al.* evaluaron el efecto antimicrobiano de ácido peroxiacético (PAA) y ácido peroxiacético acidificado con diversos ácidos orgánicos (aPAA) en carne de res inoculada con sustitutos de STEC. Para esto, cortes de carne fresca de res inoculados en el tejido adiposo con una mezcla de cinco cepas de *E. coli* biotipo I ($6-7$ log CFU/cm²), fueron sometidos a tratamientos de inmersión o aspersión con PAA y aPAA por un periodo de 10 s. En general, los resultados mostraron que tanto el tratamiento con PAA como los tratamientos con aPAA cuyo pH fue ajustado utilizando diferentes ácidos orgánicos fueron efectivos para reducir los niveles de los sustitutos de STEC. Sin embargo, no se

observaron diferencias en la eficacia antimicrobiana entre los tratamientos de PAA no acidificados y acidificados inmediatamente después de la aplicación del tratamiento [18].

La reducción obtenida con los tratamientos de DBDMH (ambas concentraciones y tiempos de inmersión) se encontró en un rango entre 0.1 y 0.7 log UFC/g los cuales se asemejan a la reducción obtenida con inmersión en agua (0.0 a 0.3 log UFC/g). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sexton [19], quien reportó que el tratamiento de aspersión con DBMDH 650 mg/L (38°C), no produjo reducciones significativas en el recuento de STEC y *Salmonella* en carne de cabeza y mejilla de res inoculada con los mismos.

El color observado posterior al tratamiento con DBDMH fue similar al observado posterior a la inmersión en agua, para los respectivos tiempos de inmersión. Mientras que las cabezas tratadas con LA, PAA y aPAA presentaban una decoloración posterior al tratamiento. Se ha reportado en la literatura que puede producirse una decoloración de las canales de res cuando se utilizan altas concentraciones de ácido y/o un tiempo prolongado de exposición en los tratamientos de descontaminación con ácidos orgánicos [20-22].

Segunda fase: El recuento de *E. coli* obtenido en las muestras control de carne de cabeza y mejilla fue de $4,2 \pm 0,3$ log UFC/g y $3,8 \pm 0,4$ log UFC/g respectivamente (Figura 2). Reducciones significativas ($p < 0.05$) en el recuento de *E. coli* en carne de mejilla de res posterior al tratamiento, de 1.3 - 2.1 ciclos logarítmicos fueron obtenidas con ambos tratamientos antimicrobianos evaluados (LA al 2% y PAA 400mg/L). Las reducciones obtenidas en carne de cabeza fueron significativas cuando los respectivos tratamientos se aplicaron por 15 min (1.8 log UFC/g para LA al 2% y PAA 400mg/L). Al evaluar el efecto del tiempo de aplicación en el modelo estadístico, se obtuvo que el efecto del tiempo no tuvo un papel significativo en la comparación ($p > 0.05$), y la diferencia observada se basó principalmente en el tratamiento antimicrobiano empleado ($p < 0.05$). Los resultados obtenidos coinciden con Schmidt *et al.* [23], quienes encontraron que, en general, aumentar el tiempo de inmersión en soluciones antimicrobianas no aumenta significativamente la efectividad del tratamiento.

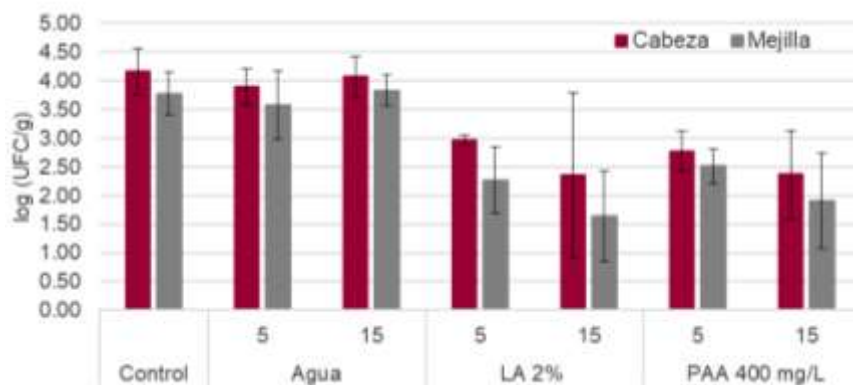


Figura 2. Logaritmo de la concentración de *E. coli* en carne de cabeza y mejilla de res luego del tratamiento con soluciones antimicrobianas (n=4).

En general, se observaron recuentos más altos en la carne de la cabeza en comparación con la carne de mejilla después de las respectivas intervenciones antimicrobianas (Figura 2). Una hipótesis para explicar esta diferencia es que la carne de mejilla al presentar varias grietas en el tejido presenta una mayor superficie expuesta a las soluciones antimicrobianas en comparación con la carne de la cabeza, y esto facilita el contacto entre el tratamiento antimicrobiano y la carne.

En la Tabla 1 se presenta el recuento de *E. coli* (log UFC/ml) en las soluciones de inmersión posterior al tratamiento Al tomar las muestras para evaluar las soluciones de inmersión se observó que 100 ml de caldo neutralizante D/E no eran suficientes para neutralizar las muestras de 50 ml de LA, por lo que muestras adicionales de LA al 2% fueron recolectadas (5 ml LA 2% en 100ml D/E), el recuento de *E. coli* obtenido fue de 1.9 log UFC/g. Este resultado es de suma importancia, ya que la presencia de bacterias viables en la solución de inmersión residual posterior al tratamiento de las cabezas podría generar contaminación cruzada durante el tratamiento. Es posible que un sistema de tratamiento de contraflujo similar al que se utiliza en la

industria avícola pueda disminuir los posibles problemas de contaminación cruzada. Sin embargo, más estudios son necesarios para evaluar el uso de un sistema de recirculación de la solución antimicrobiana con el fin de proporcionar una descontaminación adecuada de las cabezas de res al tiempo que se evita la contaminación cruzada.

Tabla 1. Recuento de *E. coli* en las soluciones de inmersión posterior al tratamiento.

Tratamiento antimicrobiano		Conteo en la solución de inmersión posterior al tratamiento (log UFC/ml) ²
5 min	Agua	3.3
15 min	Agua	3.4
5 min	LA 2%	<0.0 ²
15 min	LA 2%	<0.0 ^{2,3}
5 min	PAA 400 mg/L	<0.0 ²
15 min	PAA 400 mg/L	<0.0 ²

¹ Recuento por debajo del límite de detección del método utilizado (3 UFC/ml).

² 50-ml de la solución de inmersión posterior al tratamiento fueron mezcladas con 100 ml D/E

³ 5 ml 2% LA añadidos a 100 ml D/E, resultó en un recuento bacteriano de 1.9 log UFC/ml.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que los tratamientos de inmersión en LA y PAA son capaces de reducir significativamente bacterias presentes en la superficie de carne fresca de cabeza y mejilla de res. En caso de tener altas cargas de contaminación bacteriana en las cabezas de res, la solución de inmersión puede contaminarse lo cual podría permitir la contaminación cruzada entre las cabezas; sin embargo, es poco probable que los niveles de contaminación de origen natural sean similares a los utilizados en este estudio. Un posible beneficio adicional (no evaluado en este estudio) de un tratamiento de inmersión antimicrobiana refrigerado a escala comercial es el enfriamiento rápido de las cabezas inmediatamente después del sacrificio, lo que ayuda a preservar las características de calidad del corte de carne y la vida útil.

Reconocimientos

Este proyecto fue financiado por la Iniciativa de Investigación Agrícola y Alimentaria del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Grant No. 2012-68003-30155; *Prevention, Detection and Control of Shiga Toxin-Producing Escherichia coli (STEC) from Pre-Harvest Through Consumption of Beef Products Program-A4101*

Referencias

- Centers for Disease Control and Prevention. Beef related outbreaks from 1998 to 2016. National Outbreak Reporting System (NORS). <https://wwwn.cdc.gov/norsdashboard/>. Consultado: 5 de octubre 2018.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2018). Outbreak of *E. coli* infections linked to ground beef. <https://www.cdc.gov/ecoli/2018/o26-09-18/index.html>. Consultado: 12 de octubre 2018.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2014). Multistate outbreak of *Shiga* toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 infections linked to ground beef. <https://www.cdc.gov/ecoli/2014/O157H7-05-14/index.html>. Consultado 18 de febrero 2019.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2018) Multistate outbreak of *E. coli* O157:H7 infections linked to romaine lettuce. <https://www.cdc.gov/ecoli/2018/o157h7-04-18/index.html>. Consultado:12 de octubre 2018.
- Scallan E., Hoekstra R. M., Angulo F. J., Tauxe R. V., Widdowson M. A., Roy S. L., Jones J. L., Griffin P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States-Major pathogens. *Emerg. Infect. Dis.* **17**:7-15.
- United States Department of Agriculture-Food Safety and Inspection Service. (2012). Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in certain raw beef products. 9 CFR, parts 416, 417, and 430. *Fed. Regist.* **76**:31975-31981.
- Brooks J. T., Sowers E. G., Wells J. G., Greene K. D., Griffin P. M., Hoekstra R. M., Strockbine N. A. (2005). Non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* infections in the United States, 1983-2002. *J. Infect. Dis.* **192**: 1422–1424.

8. Ramantanis S. B. (2006). Alternative cattle slaughtering technologies and/or measures reducing the dissemination of central nervous system tissue during head handling, harvesting of cheek meat and tongue and carcass splitting—a review. *Vet. Arh.* **76**:19-36.
9. Gill C. O., McGinnis J. C., Jones T. (1999). Assessment of the microbiological conditions of tails, tongues, and head meats at two beef-packing plants. *J. Food Prot.* **62**:674-677.
10. Castillo A., Lucia L. M., Goodson K. J., Savell J. W., Acuff G. R. (1998). Comparison of water wash, trimming, and combined hot water and lactic acid treatments for reducing bacteria of fecal origin on beef carcasses. *J. Food Prot.* **61**:823-828.
11. Kalchayanand N., Athur T. M., Bosilevac J. M., Brichta-Harhay D. M., Guerini M. N., Wheeler T. L., Koohmaraie M. (2008). Evaluation of various antimicrobial interventions for the reduction of *Escherichia coli* O157:H7 on bovine heads during processing. *J. Food Prot.* **71**:621-624.
12. Bosilevac J. M., Nou X., Barkocy-Gallagher G. A., Arthur T. M., Koohmaraie M. (2006). 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. *J. Food Prot.* **69**:1808-1813.
13. Delmore, R. J., Sofos J. N., Schmidt G. R., Belk K. E., Lloyd W. R., Smith G. C. (2000). Interventions to reduce microbiological contamination of beef variety meats. *J. Food Prot.* **63**:44-50.
14. Ransom J. R., Belk K. E., Sofos J. N., Stopforth J. A., Scanga J. A., Smith G. C. (2003). Comparison of intervention technologies for reducing *Escherichia coli* O157:H7 on beef cuts and trimmings. *Food Prot. Trends.* **23**:24-34.
15. Ulbrich C. J., Lucia L. M., Arnold A. N., Taylor T. M., Savell J. W., Gehring K. B. (2015). Reduction of surrogates for *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* during the production of nonintact beef products by chemical antimicrobial interventions. *J. Food Prot.* **78**:881-887.
16. Cabrera-Diaz E., Moseley T. M., Lucia L. M., Dickson J. S., Castillo A., Acuff G. R. (2016). Fluorescent protein-marked *Escherichia coli* biotype I strains as surrogates for enteric pathogens in validation of beef carcass interventions. *J. Food Prot.* **72**:295-303.
17. Frenzel, M. A. Tesis doctoral. (2017). Evaluation of antimicrobial interventions applied during further processing of raw beef products to reduce pathogen contamination. Texas A&M University, College Station. TX. Estados Unidos.
18. Britton B. C., Geornaras I., Reagan J. O., Mixon S., Woerner D. R., Belk K. E. (2020). Antimicrobial Efficacy of Acidified Peroxyacetic Acid Treatments Against Surrogates for Enteric Pathogens on Prerigor Beef. *Meat Muscle Biol.* **4**:1-7.
19. Sexton, S. Tesis de maestría. (2015). A validation of 1,3-dibromo-5,5-dimethylhydantoin and lactic acid on *Salmonella* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* on beef head and cheek meat. Texas Tech University. Lubbock, TX. Estados Unidos.
20. Loretz M., Stephan R., Zweifel C. (2011). Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef carcasses. *Food Control.* **22**:347-359.
21. Dickson J. S., Hardin M. D., Acuff G. R. (1997). Organic acid rinses. *Proc. Recip. Meat Conf. American Meat Science*, Chicago, IL. **49**:129-131.
22. Woolthuis C. H. J., Smulder F. J. M. (1985). Microbial decontamination of calf carcasses by lactic acid sprays. *J. Food Prot.* **48**:832-837.
23. Schmidt J. W., Bosilevac J. M., Kalchayanand N., Wang R., Wheeler T. L., Koohmaraie M. (2014). Immersion in antimicrobial solutions reduces *Salmonella* enterica and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* on beef cheek meat. *J. Food Prot.* **77**:538-548.