

***Escherichia coli*, el serotipo productor de toxina de Shiga (STEC). Medidas de control en la carne de vacuno**



Introducción

Este escrito se basa en el documento publicado este año por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se revisa la información disponible sobre la eficacia de las medidas físicas, químicas y biológicas dirigidas al control de *Escherichia coli* durante la producción primaria y el procesamiento de la carne de ternera cruda, la leche cruda y los quesos de leche cruda.

Cabe decir que hay un margen de incertidumbre sobre el grado de efectividad de las medidas que se proponen dado que, mayormente, se han aplicado en condiciones de producción a pequeña escala, aparte de la variabilidad en la excreción de este serotipo productor de toxina de Shiga (STEC) en los vacunos y, por lo tanto, de contaminación de los productos que se obtienen.

Medidas de control en las explotaciones ganaderas

La aplicación de buenas prácticas de carácter genérico reduce la presencia de STEC, pero se desconoce en qué medida. Entre estas acciones hay: disponer de instalaciones que se puedan limpiar, mantener limpios los lechos de los animales, asegurar una densidad baja de ganado, suministrarles agua potable, implementar la bioseguridad y gestionar correctamente el estiércol. Estas acciones disminuyen la contaminación por microorganismos vía fecal-oral.

El manejo y las intervenciones implementados en las granjas pueden reducir la excreción y transmisión de STEC dentro de un rebaño. Estas reducciones pueden desaparecer por la mezcla con otros animales durante el transporte:

- El impacto de estrategias nutricionales y de gestión dietética en animales de carne y de producción lechera han tenido diferentes grados de eficacia. Por ejemplo, los cambios rápidos de dieta —pasar de dietas basadas en cantidades elevadas de grano a otras dietas con niveles altos de fibra— evidencian resultados inconsistentes, si bien es obvio que hay cambios en la flora intestinal dado que habrá cambios en la disponibilidad de metabolitos, en el PH, etc. El uso de diferentes tipos de grano también genera distintos grados de fermentación y metabolitos. En este sentido, el grano de cebada fermenta más rápido en el rumen que el maíz y se ha comprobado que la alimentación de cebada aumenta la excreción y supervivencia de STEC O157:H7 en comparación con la alimentación con maíz. El hecho de aplicar dietas de almidones, que tienen una fermentación más lenta como intervención específica para el control de STEC, tiene un resultado medio. Eso aparte, dentro de un mismo tipo de grano, si este se procesa previamente, también tiene efecto sobre la cantidad de STEC excretado: el *cracking* (rotura del grano en frío) la hace disminuir. Otra manera de suministrar granos con menos almidón es utilizar los que provienen de industrias de destilación o cerveceras, lo cual también tiene una eficacia media sobre el control de STEC.

- El uso de aditivos en los piensos para gestionar los niveles de STEC, como son los prebióticos, las colicinas, los bacteriófagos y el clorato de sodio, tiene efectos variables y no son recomendables. Algunas vacunas reducen la excreción fecal de STEC O157:H7, pero su eficacia depende del tipo de vacuna.
- El transporte de ganado a larga distancia aumenta la excreción fecal y la contaminación cruzada entre animales. No obstante, la asociación entre animales limpios y la reducción de la prevalencia de STEC en la canal no es clara.

Medidas de control de los mataderos

La aplicación de medidas de buenas prácticas de higiene en el matadero, igual que para otros microorganismos, también contribuye a disminuir la contaminación de la carne por STEC. Estas medidas se inician para hacer una gestión higiénica de los corrales.

Medidas de preevisceración

Los tratamientos para descontaminar la superficie de los animales a base de lavados, de depilación y la aplicación de bacteriófagos, antes o después del aturdimiento, son poco efectivos en relación con *E. coli* STEC. No obstante, hay que insistir en que los animales tienen que entrar limpios al sacrificio.

Las medidas preevisceración para evitar la contaminación de las canales con material fecal, o eliminar el material fecal visible de las canales, son prácticas higiénicas que reducen la contaminación bacteriana en general. La habilidad del trabajador, el mantenimiento del equipo y evitar la contaminación cruzada marcarán la efectividad de esta práctica.

La velocidad de la línea de procesamiento no es un factor determinante, ya que tienen más trascendencia cuestiones como el tipo de instalaciones, la habilidad de los trabajadores y el uso correcto de sistemas de descontaminación.

La transferencia de material contaminado de la superficie hacia la canal se puede producir cada vez que se incide en la piel o directamente por las manos, los utensilios y equipos utilizados para estirar la piel. En el proceso de sangrado, prevenir o minimizar cualquier contacto con la canal es fundamental. La desinfección de los cuchillos entre canal y canal en agua a 82 °C al menos 30 segundos, o una combinación equivalente, consigue minimizar la contaminación cruzada. Para minimizar la contaminación de manera más eficiente, se pueden utilizar dos cuchillos: un cuchillo se puede mantener en agua caliente mientras el otro se utiliza.

A las consideraciones del documento de la FAO, y en el contexto de una buena praxis, habría que añadir el concepto "mano limpia - mano sucia" a la hora de manipular las canales, y la necesidad de que los cuchillos para cortar el cuero sean de uso exclusivo para esta acción.

El uso de extractores de piel hacia abajo son menos contaminantes que los tiradores hacia arriba: a medida que se elimina la piel, los microorganismos de la piel se liberan al aire formando parte de gotas y partículas que pueden sedimentar en las canales.

Durante la preevisceración y la evisceración es importante asegurar que el rumen y el tracto intestinal no se puncionen para evitar contaminar la canal. Asimismo, se tiene que garantizar que cada extremo del tracto gastrointestinal se cierra antes de la evisceración, para evitar el derrame de su contenido. El "bunging" y el "weasanding" son las dos prácticas que se utilizan para sellar el recto y el esófago, respectivamente, a la vez que hay que procurar que el tejido conjuntivo que une ambas estructuras a la canal se ha incidido para liberarlas. Esta manera de proceder sin duda reduce la contaminación microbiana en general, pero no queda claro hasta qué punto nos ayuda a reducir *E. coli* STEC.

Aparte de estas consideraciones, que recoge el documento de la FAO, hay que tener presente diferentes malas praxis que se pueden observar *in situ*, las cuales condicionan de manera determinante los niveles de contaminación: en mataderos, donde la cadena no está automatizada, el mal manejo de los ganchos para colgar los animales, el espacio entre animales con el cuero y animales del cual ya se ha extraído, empujar una canal contra otra en diferentes estados de carnización, el mal uso que hacen los trabajadores de los guantes, de manera que, indistintamente, tocan animales con o sin el cuero.

La eliminación de la materia fecal visible de la canal

En el documento de la FAO en el cual se basa este escrito, se expone que se ha utilizado agua fría o tibia y lavados con ácido orgánico para eliminar la contaminación visible de la canal. Por ejemplo, el lavado con agua caliente (74 °C), con una presión de 700 lb/in² durante 5,5 segundos con un 2% de ácido láctico, reduce claramente la prevalencia de STEC.

Hay que tener presente que la norma de la Unión Europea es muy restrictiva con respecto a productos que podemos aplicar sobre la canal para eliminar la contaminación fecal y minimizar la contaminación microbiológica. En el punto 5 se expone cuál es la situación actual sobre la cual podemos aplicar y de qué manera.

Expurgar las partes de canales con contaminación visible reduce la contaminación microbiológica. La eficacia de esta intervención depende mucho del nivel de habilidad de los trabajadores y del mantenimiento del material. El expurgar puede contribuir a la redistribución de la contaminación en la canal o favorecer la contaminación cruzada, aparte que, la pérdida de grasa, etc. favorece el secado de la canal y puede afectar la estética del producto

La contaminación visible también se puede eliminar por aspiración de vapor. Se trata de un dispositivo de mano, que consta de una varita de vacío con una boquilla de pulverización en caliente, que desprende agua en 82-95 °C a presión en la superficie de la canal mientras que, simultáneamente, se aspira para eliminar la materia fecal. Este tratamiento reduce STEC O157:H7 a 2,8 - 5,5 log₁₀ CFU/cm² en carne de vacuno inoculada experimentalmente. La eficacia de la aspiración de vapor también depende de la diligencia y la habilidad del trabajador, el mantenimiento operativo del equipo y el tiempo y la temperatura de aplicación. Es uno de los mejores sistemas para disminuir la presencia de *E. coli* STEC.

La carne de la cabeza y la mejilla habitualmente presenta altos niveles de contaminación microbiológica a causa del lavado de contaminantes hacia abajo sobre la canal o por mala praxis durante el procesamiento o la refrigeración. El lavado de la cabeza de los animales con agua o agua tratada con productos químicos se ha propuesto como tratamiento para reducir STEC. Los resultados evidencian que disminuye, pero sólo son simulaciones y no queda claro en qué grado disminuiría en realidad.

Acciones sobre la canal una vez procesada

- Lavado con agua caliente: se trata de lavar la canal previamente al enfriamiento. La temperatura del agua, la presión, el volumen de agua aplicada, y la distancia de pulverización son los factores que harán esta acción más o menos efectiva. El uso de agua a muy alta presión también puede impulsar bacterias al interior de la canal en lugar de eliminarlas. La aplicación del agua caliente a 82 °C es una medida efectiva.
- Lavado con vapor de agua: el vapor (100 °C) tiene una capacidad calorífica superior al agua y penetra mejor en la superficie de la carne de la canal para actuar sobre los microorganismos. En la superficie de la canal se alcanza una temperatura de $\geq 82,2$ °C de 6 a 11 segundos. El vapor puede provocar una decoloración de la canal, pero el color se recupera después de 24 horas de enfriamiento. Este método consigue reducciones elevadas de la concentración de coliformes (por debajo del nivel detectable) en las canales antes de la refrigeración.

- Se pueden aplicar ácidos orgánicos (láctico, fórmico, propiónico, cítrico, fumárico, L-ascórbico, acético y mezclas) en las canales después de la inspección, pero antes de la refrigeración. Se utilizan habitualmente soluciones de ácidos lácticos o acéticos (del 1% al 3%). La reducción de los niveles de *E. coli* a partir del tratamiento con soluciones al 2% de ácidos lácticos, acéticos y cítricos aplicadas manualmente o automáticamente oscila entre 0,08 y 0,83 log₁₀ CFU/cm² dependiendo del tipo de ácido, la temperatura y el método de aplicación. En la mayoría de los casos, la aplicación automática consigue una reducción mayor que la manual. Se ha demostrado que los ácidos orgánicos son más efectivos cuando se aplican como una enjuagada tibia (50 °C - 55 °C).

Las canales tratadas con ácidos orgánicos a menudo presentan una cierta decoloración. Sin embargo, la decoloración se vuelve menos evidente después de la refrigeración y puede ser menos evidente si va precedida de un lavado con agua caliente (90 °C) de la canal.

- Se pueden aplicar agentes que actúan como biocidas oxidativos (antimicrobicos) en forma de lavado o aerosol en las canales. Por ejemplo, el ozono es un gas soluble en agua y un fuerte agente oxidante, aunque se tiene que generar donde se aplica. La aplicación de un 0,5% de agua ozonizada sobre el tejido de ternera reduce el recuento total de bacterias en 2,5 log₁₀ UFC/cm². A pesar de eso, la reducción de STEC O157:H7 y *Salmonella Typhimurium* no es significativa. La exposición potencial de ozono a los trabajadores también plantea problemas de seguridad.

El ácido peracético o peroxiacético se puede aplicar a las canales a razón de unas 200 ppm. Consigue reducir los niveles de STEC O157:H7 entre 0,7 log₁₀ CFU/cm² y 1,4 log₁₀ CFU/cm². El uso de los ácidos peracéticos es habitual, solamente o en combinación con otros agentes.

El clorito de sodio acidificado (ASC) se puede utilizar en concentraciones entre 500 y 1.200 ppm como lavado/spray sobre las canales. No obstante, los resultados obtenidos son incluso contradictorios.

¿Qué podemos aplicar a los canales de vacuno en la Unión Europea? ¿Cómo se tiene que hacer?

El Reglamento (UE) nº 853/2004 establece normas específicas en materia de higiene de los alimentos de origen animal destinadas a los operadores de empresas alimentarias. Señala que cualquier contaminación fecal visible se tiene que eliminar sin demora mediante recortes o medios alternativos que tengan un efecto equivalente. De acuerdo con este Reglamento, para eliminar la contaminación microbiológica de la superficie de los productos de origen animal sólo se puede utilizar agua potable. No obstante, la aplicación del agua potable, aunque esté caliente, cuando se trate de contaminación fecal visible no siempre tendrá un efecto equivalente a hacer un recorte, cuestión que habrá que valorar en cada situación.

Posteriormente, el Reglamento (UE) nº 2015/1474 autorizó el uso de agua caliente reciclada para eliminar la contaminación microbiológica de superficie de las canales. Esta agua reciclada habrá sido sometida a un tratamiento de tiempo/temperatura y, si procede, de filtraje que la haga que se ajuste a los criterios microbiológicos y químicos del agua potable. Este proceso estará incluido en el sistema de autocontrol APPCC (análisis de peligros y puestos de control crítico) del matadero. El agua caliente reciclada sólo se puede aplicar a canales enteras o medias canales de unglados domésticos y caza de cría, en condiciones controladas y verificadas. No se puede aplicar a canales que presenten contaminación fecal visible. Y siempre se tiene que aplicar antes de que las canales se enfríen.

La única sustancia diferente del agua potable o el agua caliente reciclada que acepta la UE para reducir la contaminación microbiológica superficial de las canales es el ácido láctico, y sólo se puede aplicar a las canales de vacuno (canales, medias canales y cuartos de canal) en los mataderos.

En el Reglamento (UE) nº 101/2013 se establece como es debido utilizarlo: mediante pulverización o nebulización, en concentraciones comprendidas entre el 2% y el 5% de ácido láctico en agua potable, a temperaturas no superiores a 55 °C. No se podrá aplicar en canales que presenten contaminación fecal visible, y su preparación y aplicación estará comprendida dentro del sistema de autocontrol APPCC del matadero.

En el informe de la FAO que nos ocupa, se expone la utilización de agua ozonizada para reducir la contaminación microbiológica. El uso del ozono como elemento para desinfectar el agua potable es permitido en la UE, pero en ningún caso se puede aplicar directamente sobre una canal o un alimento –Reglamento (UE) nº 528/2012.

Refrigeración del canal

Los procesos bioquímicos y los cambios estructurales que se producen en la carne durante las primeras 24 horas post mortem son críticas para determinar la calidad y la palatabilidad del producto. Se pretende enfriar la carne con rapidez, pero, al mismo tiempo, evitar que se endurezca. Se considera que para el control bacteriano el límite crítico es conseguir ≤ 4 °C de temperatura en la superficie de la canal en 24 horas, valor este que constituye un punto crítico de control en el sistema APPCC. Se puede considerar que la reducción que se consigue con la refrigeración de aire convencional puede ser un artefacto ya que, si se incrementa de nuevo la temperatura, las poblaciones bacterianas se recuperan.

La refrigeración con el sistema de aerosol tampoco tiene un efecto significativo sobre las poblaciones microbianas, incluida la de STEC. Si este tipo de refrigeración se combina con antioxidantes como el ozono, sí que consigue reducir los recuentos de STEC y se convierte en una buena práctica higiénica.

El hecho que se pueda consumir la carne cruda se tiene que tener muy presente cuando decidamos los métodos de control que aplicaremos. Si hay algún tipo de troceado, introduciremos las bacterias de la superficie hacia el resto de la pieza, las cuales sólo se podrán suprimir si hay un proceso de cocción completo. Al mismo tiempo, el despiece para obtener los diferentes cortes hace aumentar la superficie del producto y, por lo tanto, la probabilidad de la propagación de la contaminación. Así pues, aquellas piezas destinadas a algún tipo de molienda o troceo se convierten en un punto crítico y, por lo tanto, tienen que recibir intervenciones destinadas a reducir o eliminar STEC.

El procedimiento de hacer las piezas más tiernas a partir de perforar la carne con agujas actualmente se hace evidente al consumidor mediante la etiqueta en la cual se indica que se ha hecho esta acción. La carne picada y los productos a base de carne picada obviamente también implican un riesgo más elevado. En los EE.UU., por ejemplo, la carne destinada a ser picada se tiene que probar delante de varios serotipos STEC.

Se han estudiado diferentes tratamientos sobre las piezas cárnicas antes de su procesamiento:

- La aplicación de ciclos de tiempo-temperatura de calentamiento repetibles (**tratamiento térmico de secado en el aire**) no ha sido eficiente, aparte que provoca alteraciones en el color, de manera que los cortes que se hicieran serían cortes que no se podrían vender al detalle. La aplicación de vapor o agua caliente a diferentes temperaturas tampoco es un tratamiento efectivo.

- La refrigeración a 3 °C, a una velocidad del aire de 0,25 m/s y una humedad relativa del 80% ("frío seco") consigue una disminución significativa de STEC: se obtiene una reducción de 4 log₁₀ CFU/cm² el día 28 de almacenaje.
- Todavía resulta más eficaz el procesamiento de alta presión hidrostática (HPP). Tratamientos HPP de uno o múltiples ciclos se pueden aplicar, por ejemplo, sobre carne picada ya envasada, a la vez que los productos se mantienen en refrigeración. Una pauta puede ser aplicar 450 MPa durante 15 minutos a temperatura de refrigeración (de 4 °C a 7 °C), mediante la cual se obtiene una reducción de más de 5 log₁₀ UFC/g de las poblaciones de STEC. No se alteran significativamente las cualidades de la carne fresca. El hecho de que se desnaturalicen las enzimas supone que se alarga la vida útil de la carne y se reduce la necesidad de conservantes. El procedimiento HPP también se puede aplicar combinado con el almacenaje al vacío o la congelación.
- Irradiación de la carne: a partir de electrones (eBeam) generados por la electricidad convencional, los cuales penetran poco en la carne. Otra posibilidad es utilizar irradiación gamma obtenida de elementos radiactivos. Por ejemplo, dosis de 1 KGy de radiación eBeam reducen STEC O157:H7 en al menos 4 log₁₀ UFC/cm² y no afectan a las características organolépticas del producto. Es un sistema muy eficaz. La combinación de irradiación con ácido láctico y ácido caprílico no aporta una mejoría significativa. En cambio, sí que se alcanza una mayor reducción cuando se irradia carne envasada en atmósfera modificada. Además, la carne envasada en atmósfera modificada mantiene mucho mejor las cualidades organolépticas, dado que la atmósfera controlada inhibe mejor que, por ejemplo, el envasado al vacío, la irradiación inducida.
- Entre los tratamientos químicos, encontramos de nuevo el ácido láctico, el cual tiene un efecto muy variable sobre STEC en función de la concentración utilizada, de cómo se aplique, del tiempo de aplicación y de la temperatura. En la práctica, el ácido láctico puede ser utilizado en combinación con otros tratamientos químicos o físicos, como el agua caliente o el almacenaje al vacío o con atmósfera modificada.

En relación con el ozono, hay que tener presente que es más eficaz como tratamiento antimicrobiano para alimentos de pH bajo, como frutas, a causa de la menor descomposición del ozono en estas condiciones. Además, el ozono puede afectar al color (oxidación lipídica) y el aroma de la carne. Su eficacia para controlar STEC es baja. Tampoco son eficaces otros tratamientos como la aplicación de lactoferrina B o de aceites esenciales.
- Dentro de las intervenciones biológicas, como la aplicación de bacteriófagos, bacterias del ácido láctico o las colicinas –proteínas antimicrobianas producidas por *E. coli* que matan otros *E. coli*–, a estas alturas no se ha obtenido un resultado eficiente, sea por la complejidad de su aplicación, por la diversidad de los resultados obtenidos o por el precio.

Conclusión

Aunque apliquemos buenas prácticas de manipulación y disminuyamos la concentración de *Escherichia coli* STEC, podemos seguir detectándola en la carne picada o troceada. Por lo tanto, todas las medidas de control que podamos aplicar –la explotación de crianza, el transporte y la obtención de la canal– son fundamentales. La inclusión de indicaciones en la etiqueta relativas a la manipulación y la necesidad de cocer bien el producto contribuiría a la seguridad alimentaria. Evitar fechas de caducidad excesivas es otro paso que hay que dar.

Para reducir o eliminar STEC en la carne picada o troceada y en los envases de venta de carne al detalle, sólo el procesamiento de alta presión, la irradiación gamma y el eBeam son eficaces.

En resumen, la aplicación secuencial de varias acciones de control puede reducir la transmisión de STEC en la carne, pero es casi seguro que no eliminarán completamente *E. coli* STEC, lo cual resulta preocupante dada la trascendencia que tiene para la salud pública.

Documentos de referencia

- *Control measures for Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) associated with meat and dairy products*; Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 2022.
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2402en/>
- [Reglamento \(UE\) nº 101/2013 de 4 de febrero de 2013 relativo a la utilización de ácido láctico para reducir la contaminación de superficie de las canales de vacunos.](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2013-80217)
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2013-80217>
- Reglamento (UE) nº 2015/1474 de 27 de agosto del 2015 sobre el uso de agua caliente reciclada para eliminar la contaminación microbiológica de superficie de las canales.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2015-81693>

Escrito elaborado con la colaboración del Servicio de Veterinaria de la Subdirección General de Seguridad Alimentaria y Protección de la Salud. Departamento de Salud.