

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

AGUA ELECTROLIZADA COMO HIGIENIZANTE EN PRODUCCIÓN ANIMAL: EFECTOS EN SANIDAD Y PRODUCTIVIDAD

ELECTROLYZED WATER AS A CLEANING AGENT IN ANIMAL PRODUCTION: EFFECTS ON HEALTH AND PERFORMANCE

Tabernero de Paz, M.J.^{1*}; Bodas, R.¹; Bartolomé, D.; Posado, R.¹; García, J.J.¹ y Olmedo, S.¹

¹Instituto Tecnológico Agrario-Subdirección de Investigación y Tecnología. Junta de Castilla y León. Finca Zamadueñas. Valladolid. España. *tabrisma@itacyl.es

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Desinfección. Agua de bebida. Fisiología animal. Instalaciones ganaderas.

ADDITIONAL KEYWORDS

Disinfection. Drinking water. Animal physiology. Livestock facilities.

RESUMEN

En este trabajo se realiza una revisión de las posibilidades que ofrece el agua electrolizada como agente de limpieza en los sistemas de producción animal, donde ha sido utilizada con éxito en procesos de desinfección de equipos y como higienizante del agua de bebida, observándose interesantes efectos sobre la fisiología y la sanidad animal así como en el rendimiento y productividad de los animales.

SUMMARY

The aim of this work is to revise the potential of electrolyzed water (EW) as a cleaning agent in animal production systems. EW has been successfully used in disinfection processes, as agent for sanitizing equipment and drinking water. Its effects on animal physiology, health and performance are also revised.

INTRODUCCIÓN

En el momento actual resulta fundamental la incorporación de tecnologías alternativas a los métodos tradicionales en los sistemas de producción animal que permitan mejorar la eficiencia y productividad de las explotaciones ganaderas, reducir su impacto ambiental y costes de producción, así como garantizar la seguridad alimentaria. A

diferencia de épocas pasadas, la ganadería actual debe tender hacia la sostenibilidad, buscando el justo equilibrio entre la producción alimentaria y el medio ambiente, teniendo en cuenta los retos de la biodiversidad, la buena calidad del agua y del aire y la reducción de las emisiones de CO₂, ya que la perspectiva a medio-largo plazo es que los consumidores demanden productos saludables, seguros y de alta calidad, obtenidos con métodos de producción respetuosos con el medio ambiente y el bienestar animal.

En este contexto, el agua electrolizada (agua obtenida por la electrolisis diafragmática de una solución de agua corriente saturada con cloruro sódico) se plantea como una alternativa para ser utilizada como higienizante del agua de bebida y como agente de limpieza y desinfección de instalaciones ganaderas (Surdu *et al.*, 2008).

El uso de agua electrolizada, como un proceso no térmico para la inactivación microbiana, se presenta como una opción muy interesante ya que, a diferencia de los desinfectantes clorados tradicionales, la generación de los agentes inactivantes se produce directamente en el agua. Ha demos-

TABERNERO DE PAZ, BODAS, BARTOLOMÉ, POSADO, GARCÍA Y OLMEDO

trado ser muy eficaz, seguro, fácil de manipular, relativamente barato y ecológico (Huang *et al.*, 2008; Surdu *et al.*, 2009). Este método consigue una solución desinfectante a partir de agua corriente, sin aditivos químicos, por lo que no hay necesidad de manipular productos químicos concentrados potencialmente peligrosos, tales como cloro. Además, las propiedades del agua electrolizada pueden ser controladas en su lugar de producción (Kim *et al.*, 2000).

Su eficacia no es provocada por el desencadenamiento de reacciones químicas, sino que actúa como simple portador del agente activo (ácido hipocloroso) ya estabilizado. El agua electrolizada (**figura 1**) se obtiene a partir de una solución saturada de cloruro sódico al 26 % diluida en agua de la red. Esta disolución se hace pasar a través una cámara que cuenta con dos electrodos, uno positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo), divididos por una membrana

diafragmática, y a la que se le induce corriente eléctrica. A consecuencia de ello, los electrones se agitan, siendo los iones de sodio y de hidrógeno atraídos por el cátodo y generando diversos elementos, principalmente derivados de cloro, hidrógeno y oxígeno (Durán, 2010). Tras el proceso de electrolisis diafragmática se obtienen dos soluciones: agua electrolizada ácida o agua electrolizada oxidante, generada en la cámara del ánodo, y agua electrolizada básica o agua electrolizada reducida, generada en la cámara del cátodo. Posteriormente, estas dos soluciones pueden combinarse dando lugar al agua electrolizada neutra.

Existen muchos términos para referirse a las soluciones de agua electrolizada ácida, tales como soluciones de superoxidación, ácidos fuertes electrolizados en solución acuosa, soluciones oxidantes mixtas o solución electrolítica ácida. Aunque todas las soluciones de agua electrolizada son obtenidas

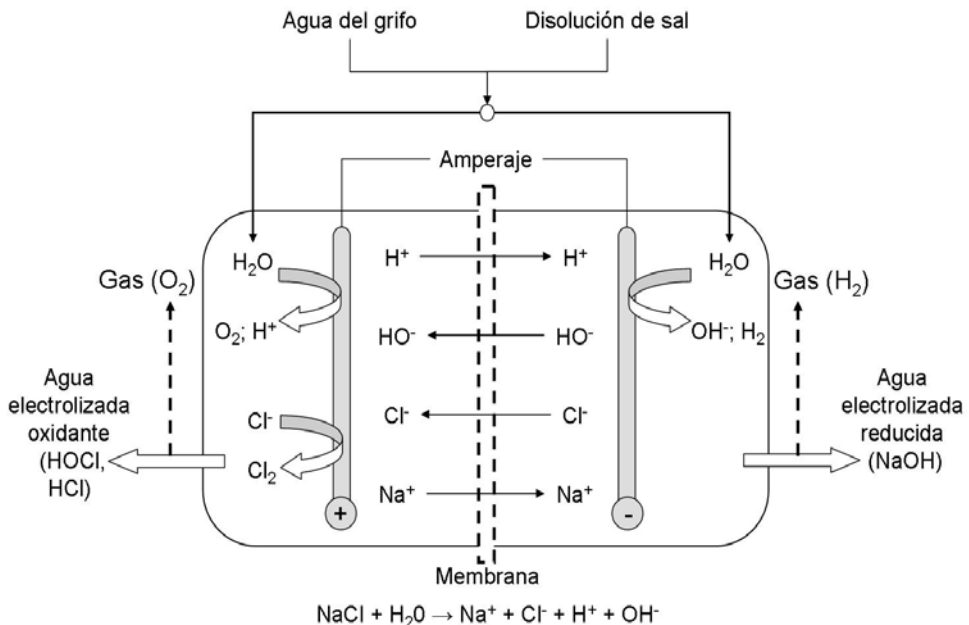


Figura 1. Esquema del proceso de obtención de agua electrolizada (adaptado de Huang *et al.*, 2008). (Electrolyzed water production scheme; Adapted from Huang *et al.*, 2008).

AGUA ELECTROLIZADA COMO HIGIENIZANTE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

nidas por un proceso de electrólisis similar, las variaciones en la concentración activa y en su pH producen agentes antimicrobianos con diferente potencia microbicida. Sin embargo, todas ellas comparten un espectro antimicrobiano amplio, con capacidad micobactericida, viricida y bactericida en menos de 5 minutos y esporicida en 10 minutos (Durán, 2010).

El efecto bactericida del agua electrolizada parece ser atribuido a su elevado potencial de oxidorreducción y a la existencia de iones activos, controlados y estables que le confieren un amplio espectro de actividad, que incluye bacterias, hongos y esporas (Nachón *et al.*, 2008). El mecanismo de acción sobre las bacterias se atribuye al efecto de oxidación sobre el enlace Y 1-4 de los lipopolisacáridos, sobre los grupos sulfhidrilo (-SH) y los aminoácidos de la pared bacteriana. De este modo se afecta al proceso de respiración y nutrición de los microorganismos, produciéndose oxidación de los componentes respiratorios, inhibición de la síntesis de proteínas, rotura de las cadenas de ARN y represión en la síntesis de moléculas del metabolismo celular, con disminución de la producción de ATP (adenosin trifosfato). Por lo que respecta a las propiedades viricidas, el agua electrolizada produce alteración de la cápside, ADNasas y ARNasas víricas. Debido a la concentración de iones y a su estabilidad química, el agua electrolizada con pH neutro, puede considerarse como no tóxica para las células eucarióticas, incluidas las del organismo humano (Cabello *et al.*, 2009; Nachón *et al.*, 2008; Selkon *et al.*, 1999).

La utilización del agua electrolizada como desinfectante en la industria agroalimentaria está ampliamente documentada (véase la extensa revisión publicada por Huang *et al.*, 2008). Por otro lado, sus propiedades higienizantes y su carácter inocuo han hecho que empiece a considerarse su utilización directa en el ser humano, donde los estudios sobre los beneficios del agua

electrolizada para la salud son cada vez más frecuentes (Shirahata *et al.*, 2012). Sin embargo, en lo que respecta a la producción animal, el empleo de agua electrolizada es una práctica relativamente reciente, por lo que todavía no abundan las referencias bibliográficas acerca de su uso en el ámbito de la ganadería, aunque sí parece existir un interés creciente por sus aplicaciones en este campo en los últimos años (Bartolomé *et al.*, 2011b,c; Ferguson *et al.*, 2008; Jirotková *et al.*, 2011, 2012; Surdu *et al.* 2008, 2009).

El presente trabajo pretende realizar una revisión bibliográfica acerca de la utilización del agua electrolizada en producción y sanidad animal, haciendo especial hincapié en los efectos observados cuando se emplea como higienizante del agua de bebida y como agente de limpieza y desinfección de instalaciones.

EFECTOS DEL AGUA ELECTROLIZADA EN GANADERÍA

EFFECTO HIGIENIZANTE

El agua de bebida es un líquido indispensable para todos los seres vivos. En las explotaciones ganaderas y, más concretamente en los sistemas intensivos de producción, donde los animales son alimentados con una ración seca concentrada, la disponibilidad continua de agua de suficiente calidad es un punto crítico del sistema que puede comprometer la salud y productividad de los animales.

El procedimiento desinfectante por excelencia del agua de bebida es la cloración, que consigue una asepsia aceptable con un bajo coste. Sin embargo, su aplicación no está exenta de inconvenientes, puesto que conlleva la aparición de subproductos de carácter tóxico (cloraminas, dicloraminas y trihalometanos), que hacen previsible que el uso del cloro como desinfectante disminuya en los próximos años (Kim *et al.*, 2000).

Las soluciones de agua electrolizada se

TABERNERO DE PAZ, BODAS, BARTOLOMÉ, POSADO, GARCÍA Y OLMEDO

plantean como una alternativa eficaz y ecológica a los sistemas tradicionales de desinfección del agua de bebida. Así lo demuestra un estudio realizado en vacas lecheras, donde el empleo de agua electrolizada neutra diluida (ácido hipocloroso, redox: +525 mV, pH= 7,00) como agua de bebida disminuyó considerablemente los recuentos de bacterias en los bebederos (Bartolomé *et al.*, 2011b). Tras la dosificación de un 3 % de agua electrolizada neutra en el agua de bebida se redujo en un 99 % la contaminación de microorganismos aerobios y un 100 % la de coliformes totales, *Escherichia coli* y estreptococos fecales.

El demostrado efecto higienizante y antibacteriano del agua electrolizada podría ser de aplicación también en la desinfección, tratamiento y cicatrización de heridas. Así, un trabajo llevado a cabo con ratones de laboratorio ha demostrado que la perfusión con agua electrolizada ácida fuerte frente a suero salino en casos de peritonitis derivada de una punción cecal disminuye los recuentos de bacterias en el líquido ascítico, prolongando la vida del animal (Kubota *et al.*, 2009). Por otra parte, el agua electrolizada procedente del ánodo, bien como agua electrolizada ácida (pH= 2,50-2,63, redox: 1104-1190 mV, cloro residual: 80-100 ppm) o neutralizada (pH= 7,4, redox: 794-784 mV, cloro residual: 80-100 ppm) ha demostrado tener capacidad para acelerar la curación de heridas cutáneas en ratas (Yahagi *et al.*, 2008). De igual forma, en un ensayo para la curación de heridas producidas por quemaduras en ratas, la utilización de agua electrolizada oxidante (pH≤2,7, redox: +1,00 mV) dio lugar a una mayor tasa de supervivencia, un menor recuento de endotoxinas y una recuperación más rápida de los individuos tratados con agua electrolizada en comparación con los animales de los grupos que recibieron agua o suero salino (Nakae e Inaba, 2000).

Estos resultados sugieren la existencia de algún mecanismo relacionado con la acción antibacteriana del ácido hipocloroso

presente en este tipo de agua. Sin embargo, algunos autores han postulado que los efectos beneficiosos del agua electrolizada ácida pueden proceder de la presencia de sustancias reactivas al oxígeno que aceleran la migración y proliferación de fibroblastos y, por ende, la cicatrización de las heridas (Yahagi *et al.*, 2008).

En gallinas ponedoras, el empleo de agua electrolizada débilmente ácida (pH= 4,5) como agua de bebida en un porcentaje del 1,5 % al 3 % (con un contenido en cloro activo entre 8 y 12 mg/l), redujo el contenido de gérmenes en el interior del cuerpo de las gallinas, con la consecuente disminución del potencial de contaminación de los huevos (Surdu *et al.*, 2009).

EFFECTO SOBRE LA FISIOLÓGÍA ANIMAL

Las pruebas realizadas para evaluar los efectos del agua electrolizada cuando se dosifica en el agua de bebida de animales de laboratorio, muestran resultados muy positivos sobre la fisiología animal e importantes beneficios para la salud.

Un estudio realizado con dos lotes de ratones en el que se controló la variación del peso vivo, la ingestión de alimento y agua y los niveles de enzimas hepáticos, completado con un análisis histopatológico de los principales órganos, permitió observar la ausencia de resultados negativos en el estado sanitario de los ratones a los que se suministró agua de bebida higienizada con agua electrolizada ligeramente ácida (cloro residual total: 5ppm) en comparación con otros a los que se suministró agua esterilizada (Inagaki *et al.*, 2011). Morita *et al.* (2011) sugieren que el uso de agua electrolizada ácida no tiene ningún efecto sistémico adverso, por lo que puede utilizarse de forma segura en este tipo de animales.

Otros estudios también postulan un efecto positivo del agua electrolizada sobre el organismo. Así, el uso de agua electrolizada hidrógeno-saturada (pH= 7,5, redox: -600 mV, hidrógeno: 16 ppm) como agua de bebida en ratas provocó un efecto antioxidante

AGUA ELECTROLIZADA COMO HIGIENIZANTE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

(Yanagihara *et al.*, 2005), lo que sugiere la posibilidad de emplear este tipo de agua para reducir el estrés oxidativo corporal. Asimismo, algunos estudios han valorado la capacidad detoxificante del agua electrolizada en animales de laboratorio. En este sentido, el agua electrolizada reducida ha demostrado un papel hepatoprotector frente a intoxicaciones experimentales con tetracloruro de carbono en ratas. Este efecto está probablemente mediado por sus propiedades antioxidantes y neutralizadoras de radicales libres (Tsai *et al.*, 2009).

Por otra parte, la aplicación de agua electrolizada con la finalidad de corregir la acidosis ha sido ensayada en ratas y perros (Abol-Enein *et al.*, 2009) como modelo preliminar para su posible utilización en seres humanos. Así, se les provocó una acidosis metabólica utilizando posteriormente agua electrolizada como tratamiento, bien en el agua de bebida o bien mediante diálisis. En ambos casos, la utilización del agua electrolizada alcalina demostró ser un tratamiento eficaz, recuperándose los valores fisiológicos de bicarbonato y presión parcial de CO₂ en sangre.

Los resultados de estos estudios añaden nuevas expectativas en el ámbito de los animales de producción, ya que la administración de agua electrolizada alcalina en el agua de bebida podría ser útil para tratar aquellos animales que, debido al tipo de alimentación que reciben (fundamentalmente piensos concentrados), sufren procesos de acidosis ruminal crónica, evitando así que se desencadene una acidosis metabólica, donde la función hepática puede verse comprometida.

Más allá de los resultados observados en animales de laboratorio, también se han realizado pruebas de utilización del agua electrolizada en animales de producción y otras especies domésticas, que han mostrado efectos interesantes sobre la fisiología y sanidad de los animales.

En granjas de cría de broilers se observó que utilizando una solución ligeramente

ácida de agua electrolizada como agua de bebida los animales con problemas intestinales (diarrea) se restablecían en horas o en un día como máximo (Surdu *et al.*, 2008). Además se ha observado que el suministro de una solución de agua electrolizada neutra de baja concentración (1,5 % - 2,5 %, pH= 7,5-8,5) como agua de bebida a los individuos menos desarrollados, la mortalidad se reducía en un 40 %, incrementándose la resistencia de éstos a diversas enfermedades (Surdu *et al.*, 2008).

Por otro lado, un estudio realizado en España señala que la dosificación de un 3 % de agua electrolizada neutra (ácido hipocloroso, redox: +525 mV, pH= 7,00) en el agua de bebida de vacas frisonas en producción afecta al equilibrio ácido-base sanguíneo, ocasionando un incremento de los valores de presión de CO₂ y de bicarbonato sanguíneo. Los resultados de este estudio sugieren que este tipo de agua electrolizada podría tener un efecto sobre la actividad y eficacia de la microflora ruminal (Bartolomé *et al.*, 2011c).

En ganado ovino, se estudiaron los efectos del agua electrolizada básica sobre la absorción de agua, diversos parámetros relacionados con el medio ruminal, el crecimiento microbiano y el balance de nitrógeno. La tasa de absorción de agua para los animales que bebieron agua de pozo (grupo control) fue mayor que la de aquellos que bebieron esa misma agua pero tratada con agua electrolizada. La absorción neta de productos finales de fermentación (ácidos grasos volátiles y amoniaco) a través de la pared del rumen, fue también mayor, en conjunción con los resultados de las mediciones de fluidos del rumen y la concentración de metabolitos en sangre. La eficiencia de producción de proteína microbiana fue significativamente mayor para el grupo tratado que para el grupo control, mientras que la retención de N₂ fue significativamente menor en el grupo tratado (Ichinohe *et al.*, 2004). Estos resultados indican el potencial que tiene el agua electrolizada alcalina para

TABERNERO DE PAZ, BODAS, BARTOLOMÉ, POSADO, GARCÍA Y OLMEDO

modificar la actividad ruminal cuando se dosifica en el agua de bebida de los animales.

EFFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD

No son abundantes los estudios que muestran los posibles efectos del agua electrolizada sobre la productividad y rendimiento de los animales de abasto cuando se dosifica en el agua de bebida. Todos los trabajos al respecto han sido realizados con ganado vacuno de leche y en granjas de producción de pollos de engorde (broilers).

En un ensayo realizado en 27 explotaciones japonesas de vacas lecheras se observó que los animales a los que se suministró agua electrolizada alcalina como única fuente de agua de bebida, en comparación con los que bebían agua del grifo, presentaron un aumento de la producción de leche, que osciló entre un 18 y un 28 %, y una mejora notable de su calidad. Además los animales presentaron un aumento de la vida productiva, mayor fertilidad, reducción de los nacidos muertos, aumento notable del apetito, mejor condición hepática y digestión del alimento. Además, los terneros recién nacidos que recibían agua alcalina crecían más deprisa y presentaban menos casos clínicos de diarrea (D'Amico, 2003).

Otro estudio realizado en la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad de Pensilvania valoró los efectos potenciales de la implementación de esta tecnología en una granja dedicada a la producción de leche. Así, al final del protocolo experimental, el lote al cual se suministró agua electrolizada alcalina mostró una mayor producción de leche, un aumento del contenido en grasa de la misma y una reducción del nitrógeno ureico, frente al lote de vacas que continuaron bebiendo agua procedente del pozo de la explotación (Ferguson *et al.*, 2008).

Asimismo, también se ha constatado que el suministro de agua electrolizada neutra diluida al 3 % (ácido hipocloroso, redox:

+525mV, pH= 7,00) como agua de bebida para vacas lecheras en producción repercute sobre la calidad microbiológica de la leche, mejorando notablemente la calidad higiénico-sanitaria de la misma (Bartolomé *et al.*, 2011b) y produciendo un incremento significativo de su contenido en grasa, proteína y extracto seco magro, mientras que la lactosa y el punto crioscópico se ven disminuidos (García *et al.*, 2011). Estos resultados sugieren un efecto muy positivo del agua electrolizada sobre la composición físico-química de la leche de aquellos animales que la consumen.

Por otro lado, en broilers se dosificó un 10 % de agua electrolizada en el agua de bebida (22 ppm de cloro libre residual) durante 42 días para estudiar su efecto sobre el rendimiento de los animales en las distintas fases del proceso de engorde: iniciación, crecimiento y remate (Singh, 2007). Los resultados obtenidos sugieren que el agua electrolizada no tiene ningún efecto significativo en las dos primeras fases de engorde de estos animales, mientras que en la última fase el efecto sobre el rendimiento es negativo. A este respecto, el autor plantea la posibilidad de estudiar el efecto del agua electrolizada empleando concentraciones más bajas y justifica el efecto negativo debido a la alteración que produce la dosificación empleada sobre la flora bacteriana del tracto intestinal. Resultados similares se obtuvieron en otro trabajo realizado con el objetivo de investigar el efecto de diferentes diluciones de agua electrolizada ácida (10 %, 15 % y 20 %), sobre los beneficios de producción de pollos de engorde (Holcroft, 2003). Los estudios de rendimiento se basan en la tasa de crecimiento, la mortalidad y el índice de conversión del alimento (IC), así como comparaciones de margen de beneficio. Los resultados de rendimiento obtenidos a los 42 días de edad de los broilers señalaron que las tasas de crecimiento son mayores cuando se administraba la solución al 15 %, sin embargo el IC y la mortalidad no difirió entre

AGUA ELECTROLIZADA COMO HIGIENIZANTE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

los tratamientos. Al comparar la rentabilidad, el tratamiento que tenía el mayor margen de beneficio en comparación con el control (agua potable no tratada) fue aquel que recibió el 15 % de agua electrolizada ácida. Se observó, además, que concentraciones mayores de agua electrolizada (20 %) no mejoraban el crecimiento en la última fase debido, probablemente, a un efecto negativo de ésta sobre la flora del tracto intestinal. En cuanto a la calidad de la canal y de la carne, el agua electrolizada ácida dosificada al 3 % en el agua de bebida tiene una influencia mínima sobre los parámetros indicadores de calidad de la canal (pH y color) de los pollos que la consumieron durante su proceso de engorde (Jirotková *et al.*, 2011, 2012).

AGUA ELECTROLIZADA COMO AGENTE DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE INSTALACIONES GANADERAS

El uso inadecuado de desinfectantes tradicionales supone una fuente de contaminación ambiental que, vehiculada en el agua, puede llegar a ríos, lagos, pastos, cultivos y, en último caso, a los alimentos destinados al consumo de los animales o del hombre. Esta situación hace necesaria la búsqueda de alternativas más seguras en cuanto a seguridad de su manejo e impacto ambiental.

En este contexto, la tecnología resulta básica para compatibilizar los métodos de producción ganadera con el medio ambiente, siendo el empleo de agua electrolizada (ácida o neutra) una opción innovadora a tener en cuenta como agente de limpieza y desinfección de instalaciones por ser segura y eficaz, no contaminante del medio y fácil de obtener y manejar. Así, todos los resultados obtenidos en los experimentos preliminares revisados sostienen la idea de que el agua electrolizada podría ser útil en el control de microorganismos en agua, forrajes, instalaciones de aves de corral, etc.; en sustitución del hipoclorito de sodio, cada

vez menos utilizado como biocida debido a su impacto y los problemas de seguridad medioambiental que genera (Surdu *et al.*, 2008). Concretamente, el agua electrolizada ácida es un producto poco contaminante y económico que podría sustituir a gran parte de los productos químicos usados habitualmente en las granjas de producción de aves (Surdu *et al.*, 2009).

El agua electrolizada ácida fue empleada para la limpieza y desinfección de un sistema piloto de tuberías de ordeño creado a escala en laboratorio (Walker *et al.*, 2005a,b), obteniéndose resultados que sitúan a esta solución como un agente eficaz en programas de lavado superiores a los siete minutos y medio de duración. Del mismo modo, un estudio realizado en condiciones reales de explotación, señaló que el empleo de una solución oxidante de agua electrolizada (redox: +900mV, pH= 7,00) en combinación con una solución reductora de este tipo de agua (redox: -835mv, pH= 11,00) muestra una eficacia igual o superior a la de los detergentes habitualmente empleados, hallándose tras la limpieza con ambos tratamientos (agua electrolizada o detergente habitual) recuentos nulos tanto de aerobios y estreptococos fecales, como de *E. coli* y coliformes totales (Bartolomé *et al.*, 2011a).

En un ensayo con vacas de leche se empleó agua electrolizada débilmente ácida (con una concentración de 10 ppm de cloro disponible) para la limpieza de pezoneras y pezones. Los resultados indican que la utilización de este tipo de agua disminuyó el recuento medio de bacterias tanto en las pezoneras como en el medidor de leche. El número de bacterias en la leche del tanque se redujo de manera progresiva durante más de 4 semanas consecutivas. Además, el uso del agua electrolizada ácida débil aumentó la eficacia del lavado de los pezones, ya que disminuyó notablemente el número de unidades formadoras de colonias (Nakamura *et al.*, 2000). La eficacia observada podría ser debida a su alto contenido de ácido hipocloroso (HOCl) y su alto potencial redox,

TABERNERO DE PAZ, BODAS, BARTOLOMÉ, POSADO, GARCÍA Y OLMEDO

ya que a un pH bajo (de 5,0 a 6,5) la forma efectiva de los compuestos de cloro en agua electrolizada débilmente ácida es casi el ácido hipocloroso, que tiene fuerte actividad antimicrobiana (Yoshifumi, 2003). Por otro lado, el empleo del agua electrolizada como higienizante en la limpieza de la sala produjo una disminución del recuento de bacterias y coliformes del piso de la fosa de ordeño (Nakamura *et al.*, 2000).

Otra variante del agua electrolizada ligeramente ácida (12-15 ppm de HOCl, pH 6,5) también se ha usado para la limpieza de pezoneras en sistemas de ordeño automáticos con el fin de evaluar sus efectos sobre la carga bacteriana (Nagahata *et al.*, 2011). El parámetro empleado para evaluar la limpieza fue la densidad óptica del agua de lavado, observándose que los valores obtenidos tras usar agua electrolizada fueron significativamente más bajos que los observados tras emplear agua de grifo. Del mismo modo, el número de bacterias viables en muestras tomadas de la superficie interna de las pezoneras también disminuyó tras el aclarado con agua electrolizada, por lo que se pudo concluir que el uso de este tipo de agua es eficaz para limpiar y reducir los recuentos bacterianos de la superficie interna de las pezoneras sin necesidad de emplear otros desinfectantes.

En avicultura, el agua electrolizada ha sido utilizada para desinfectar las salas de cría de pollos. Un simple lavado de las superficies con una solución de agua electrolizada ácida o el empleo de ésta mediante un pulverizador (los estudios han demostrado que el segundo método es más eficiente, especialmente en el caso de grandes superficies) puede mantener las salas de cría en condiciones asépticas durante 8-10 días. Además, no hay necesidad de trasladar las aves de sala durante la aplicación, porque la solución no es tóxica para los animales (Surdu *et al.*, 2008).

El empleo de una solución de agua electrolizada débilmente ácida (con un contenido de cloro activo de 36 mg/l) para la

limpieza de salas de alojamiento de gallinas ponedoras ha demostrado tener un importante efecto bactericida. Las muestras tomadas del suelo, antes y después del lavado por aspersión durante 15 minutos con dicha solución, presentaron una reducción del número total de gérmenes a la mitad, mientras que los coliformes fueron totalmente eliminados (Surdu *et al.*, 2009). Resultados similares se obtuvieron en otro trabajo realizado para estudiar el efecto de este tipo de agua sobre las concentraciones de bacterias en el aire de un gallinero (Zheng *et al.*, 2011) confirmándose su eficacia como desinfectante, aplicado mediante pulverización, en alojamientos de gallinas ponedoras durante su fase de producción.

Por último, un experimento en el que se compararon productos químicos desinfectantes de uso común en alojamientos de cerdos con agua electrolizada ligeramente ácida (pH 6,25 a 6,53 y concentraciones de cloro activo de 300 mg/l) mostró que el empleo de esta última como higienizante eliminaba hasta un 59 % de las bacterias presentes en el aire, frente a la reducción del 26 % obtenida con una solución de povidona yodada. Además, el agua electrolizada ligeramente ácida pulverizada sobre el terreno, las cercas y los muros mostró un efecto desinfectante significativamente mejor que los otros desinfectantes de uso común. Por lo tanto, el agua electrolizada ligeramente ácida puede reemplazar a los productos químicos utilizados en la desinfección de alojamientos para cerdos, la prevención de epidemias y la purificación del medio ambiente (Chen *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

El agua electrolizada, generalmente ácida y sin diluir, puede ser una solución prometedora y eficaz para su empleo habitual en la limpieza y desinfección de explotaciones ganaderas. Su demostrado efecto bactericida, unido a la seguridad de manejo, la ausencia de toxicidad para el medio am-

AGUA ELECTROLIZADA COMO HIGIENIZANTE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

biente y su sencillo proceso de producción sitúan al agua electrolizada como un firme sustituto de los desinfectantes clorados tradicionales.

Los efectos observados tanto en la fisiología como en la productividad de los animales a los que se les suministró agua de bebida tratada con agua electrolizada ponen de manifiesto que su empleo en sistemas de producción animal podría ser beneficioso para la salud. Por lo general, el agua electrolizada ácida débil o neutra a concentraciones iguales o inferiores al 3 % en el agua de bebida de vacas de leche, gallinas y broilers ha presentado un importante efecto bactericida, aumentando su rendimiento y mejorando la calidad higiénico-sanitaria de los productos finales. No obstante, los efectos

dependen del tipo de agua (ácida, básica o neutra) y las concentraciones utilizadas, ya que el empleo de agua electrolizada alcalina sin diluir también ha mostrado resultados positivos sobre la actividad ruminal de ganado ovino y sobre la producción y calidad de la leche de las vacas que la bebieron, además de un interesante efecto antioxidante y hepatoprotector en pruebas de laboratorio, por lo que en el futuro deberán llevarse a cabo estudios para establecer el tipo de agua y las dosis óptimas de utilización en cada situación productiva.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto 2010-1284 del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León y fondos FEDER.

BIBLIOGRAFIA

- Abol-Enein, H.; Gheith, O.A.; Barakat, N.; Nour, E. and Sharaf, A.E. 2009. Ionized alkaline water: new strategy for management of metabolic acidosis in experimental animals. *Ther Apher Dial*, 13: 220-224.
- Bartolomé, D.; Posado, R.; Rodríguez, L.; Bueno, F.; Olmedo, S.; García, J.J. y Martín-Diana, A.B. 2011a. Evaluación de la eficacia del agua electrolizada en circuitos de ordeño de explotaciones de vacuno lechero. AIDA, XIV Jornadas sobre Producción Animal. Zaragoza (España). Tomo I: 13-15.
- Bartolomé, D.; Posado, R.; Rodríguez, L.; Bueno, F.; Olmedo, S.; García, J.J. y Martín-Diana, A.B. 2011b. Efecto higienizante del agua electrolizada sobre el agua de bebida y la calidad higiénico sanitaria de la leche. AIDA, XIV Jornadas sobre Producción Animal. Zaragoza. España. Tomo I: 16-18.
- Bartolomé, D.; Posado, R.; Olmedo, S.; García, J.J. y Martín-Diana, A.B. 2011c. Efecto del uso de agua electrolizada como agua de bebida sobre el pH y gases sanguíneos de vacas lecheras. AIDA, XIV Jornadas sobre Producción Animal. Zaragoza. España. Tomo I: 19-21.
- Cabello, C.; Rosete, D.P. y Manjares, M.E. 2009. Efecto de una solución electrolizada de superoxidación con pH neutro sobre la infección del virus de influenza A en células MDCK. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 2: 280-287.
- Chen, H-Y.; Zhou, L-Y.; Li, F-D. and Nan, X-M. 2012. The Application of Electrolyzed Water in Livestock Production. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*: S816.
- D'Amico, T. 2003. The drinking water facts. Disponible en: http://members.iinet.net.au/~sambrod/Health_BioNatural_The_Drinking_Water_FACTS.pdf (01/04/2012).
- Durán, H.C. 2010. Soluciones de superoxidación y su evolución tecnológica. *Revista Dolor, Foro Nacional de Investigación y Clínica Médica*, Año 7 (Vol. III): 4-8.
- Ferguson, J.D.; Remsberg, D. and Wu, Z. 2008. Influence of electrolyzed alkaline water on milk production in dairy cows. *J Anim Sci*. 86 (E-Suppl. 2): 609.
- García, J.J.; Bartolomé, D.J.; Posado, R.; Rodríguez, L.; Olmedo, S. y Martín-Diana, A.B. 2011. Influencia de la ingestión de agua electrolizada sobre la composición físico-química de la leche de vacas frisonas. ANEMBE, XVI Congreso Internacional de Medicina Bovina. Ávila. España. pp. 234-236.

TABERNERO DE PAZ, BODAS, BARTOLOMÉ, POSADO, GARCÍA Y OLMEDO

- Holcroft, J.J.M.S. 2003. Effect of anolyte on broiler performance. Thesis of Master. University of Stellenbosch. South Africa. 70 pp.
- Huang, Y.R.; Hung, Y.; Hsu, S.; Huang, Y. and Hwang, D. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control*, 19: 329-345.
- Ichinohe, T.; Gotou, M. and Fujihara, T. 2004. Influences of basic electrolyzed water on water absorption, ruminal environment, microbial yield and nitrogen balance in sheep. *Anim Sci J*, 75: 67-76.
- Inagaki, H.; Shibata, Y.; Obata, T.; Kawagoe, M.; Ikeda, K.; Sato, M. and Toida, K. 2011. Effects of slightly acidic electrolysed drinking water on mice. *Lab Anim*, 45: 283 -285.
- Jirotková, D.; Šoch, M.; Kernerová, N.; Pálka, V. and Št'astná, J. 2011. Electrolyzed water and its influence on quality of poultry meat. *Anim Sci Biotechnol*, 44: 355-357.
- Jirotková, D.; Šoch, M.; Kernerová, N.; Pálka, V. and Eidelpesová, L. 2012. Use of electrolyzed water in animal production. *J Microbiol Biotechnol Food Sci*, 2: 477-483.
- Kim, C.; Hung, Y-C. and Brackett, R.E. 2000. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *J Food Prot*, 63: 19-24.
- Kubota, A.; Nose, K.; Yonekura, T.; Kosumi, T.; Yamauchi, K. and Oyanagi, H. 2009. Effect of electrolyzed strong acid water on peritoneal irrigation of experimental perforated peritonitis. *Surg Today*, 39: 514-517.
- Morita, C.; Nishida, T. and Ito, K. 2011. Biological toxicity of acid electrolyzed functional water: Effect of oral administration on mouse digestive tract and changes in body weight. *Arch Oral Biol*, 56: 359-366.
- Nachón, F.J.; Díaz, J.; Rivas, V.; González, J.S.; Nachón, M.G.; García, F. y Santiago, J. 2008. Esterilización por inmersión. Estudio comparativo entre glutaraldehído al 2 %, agua electrolizada superoxidada con pH neutro y solución electrolizada por selectividad iónica con pH neutro. *Rev Med UV*, 8: 5-10.
- Nagahata, H.; Yuga, K.; Abe, Y.; Toskar, A.K.; Higuchi, H.; Mitamura, T. and Matsuyama, K. 2011. Effectiveness of slightly acidic electrolyzed water for improvement of hygienic conditions of teat liners of automatic milking system (AMS). Animal hygiene and sustainable livestock production. Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene. Vienna. Austria. pp. 333-334.
- Nakae, H. and Inaba, H. 2000. Effectiveness of electrolyzed oxidized water irrigation in a burn-wound infection model. *J Trauma*, 49: 511-514.
- Nakamura, T, Suzuki, K.; Doi, T. and Nakamura, M. 2000. Use of weakly acidic electrolyzed water in sanitation of milking barn. *Milk Sci*, 49: 189-193.
- Selkon, J.B.; Babb, J.R. and Morris, R. 1999. Evaluation of the antimicrobial activity of a new super-oxide water, -sterilox, for the disinfection of endoscopies. *J Hosp Infect*, 41: 59-70.
- Shirahata, S.; Hamasaki, T. and Teruya, K. 2012. Advanced research on the health benefit of reduced water. *Trends Food Sci Technol*, 23: 124-131.
- Singh, M. 2007. Factors influencing energy metabolism in broilers and pullets. Thesis of Master. Oklahoma State University. U.S.A. 124 pp.
- Surdu, I.; Vatuiu, I.; Jurcoane, S. and Ciocîrlan, A. 2008. Modern methods ensuring sanitary-veterinary protection for animal farms, based on using of electrolyzed water. 7th International Symposium of Animal Nutrition and Biology. Balotesti. Rumania. 25-26 September. Disponible en: http://metaviac.siat.ro/Default_engl.aspx (01/04/2012).
- Surdu, I., Vatuiu, I.; Jurcoane, S.; Olteanu, M. and Vatuiu, D. 2009. The sanitation effect of electrolyzed water (neutral anolyte -ank) on pathogen agents from living space and feedstuffs used in laying hens nutrition. En: 8th International Symposium of Animal Nutrition and Biology, Balotesti. Rumania. 24-25 September. Disponible en: http://metaviac.siat.ro/Default_engl.aspx (01/04/2012).
- Tsai, C.F.; Hsu, Y.W.; Chen, W.K.; Chang, W.H.; Yen, C.C.; Ho, Y.C. and Lu, F.J. 2009. Hepatoprotective effect of electrolyzed reduced water against carbon tetrachloride-induced liver damage in mice. *Food Chem Toxicol*, 47: 2031-2036.
- Walker, S.P.; Demirci, A.; Graves, R.E.; Spencer, S.B. and Roberts, R.F. 2005a. Cleaning milking systems using electrolyzed oxidizing water.

AGUA ELECTROLIZADA COMO HIGIENIZANTE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

- Trans ASAE*, 48: 1827-1833.
- Walker, S.P.; Demirci, A.; Graves, R.E.; Spencer, S.B. and Roberts, R.F. 2005b. CIP cleaning of a pipeline milking system using electrolyzed oxidizing water. *Int J Dairy Technol*, 58: 65-73.
- Yahagi, N.; Kono, M.; Kitahara, M.; Ohmura, A.; Sumita, O.; Hashimoto, T.; Hori, K.; Ning-Juan, C.; Woodson, P.; Kubota, S.; Murakami, A. and Takamoto, S. 2008. Effect of electrolyzed water on wound healing. *Artif Organs*, 24: 984-987.
- Yanagihara, T.; Arai, K.; Miyamae, K.; Sato, B.; Shudo, T.; Yamada, M. and Aoyama, M. 2005. Electrolyzed hydrogen-saturated water for drinking use elicits an antioxidative effect: a feeding test with rats. *Biosci Biotechnol Biochem*, 69: 1985-1987.
- Yoshifumi, H. 2003. Improvement of the electrolysis equipment and application of slightly acidic electrolyzed water for dairy farming. *J Jpn Soc. Agric Machinery*, 65: 27-29.
- Zheng, W.; Li, B.; Kang, R.; Wang, H.; Cao, W. and Wang, S. 2011. Effects of spray disinfection with slightly acidic electrolyzed water in a laying hen house. In: Hegarty, R.; Banhazi, T.; Saunders, C. (Eds). Society for Engineering in Agriculture Conference. Diverse Challenges, Innovative Solutions. [Barton, A.C.T.] Engineers. Australia. pp. 534-541.