

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL AGUA ELECTROLIZADA COMO
MEDIO DE DESINFECCIÓN DEL AMBIENTE EN EL AREA DE EVISCERADO
DE LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA EL MADROÑO S.A**

GINA PATRICIA PARRA APARICIO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2015

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL AGUA ELECTROLIZADA COMO
MEDIO DE DESINFECCIÓN DEL AMBIENTE EN EL AREA DE EVISCERADO
DE LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA EL MADROÑO S.A**

GINA PATRICIA PARRA APARICIO

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Magister en Ingeniería Ambiental**

**Directora
BEATRIZ ELENA GUERRA
PhD en Ciencias**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2015

A Dios.

*Por haberme permitido llegar hasta este punto
y haberme dado salud para lograr mis objetivos,
además de su infinita bondad y amor.*

A MIS PADRES FLOR Y CARLOS

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy,
por apoyarme y darme fuerzas de seguir
adelante sin desfallecer*

A MI CUÑADO ISAIAS

*Quien tuvo la idea de este estudio, por sus
consejos, sus valores, por la
motivación constante y su ejemplo.*

***A MI ESPOSO LUIS GABRIEL
BUENAHORA***

*Por su apoyo, su amor y su colaboración
incondicional, pasando muchas noches en vela
a mi lado para la realización de esta meta, por
los días que hizo el papel de padre y madre.*

A MIS HIJOS

*María Camila, Isabella y Juan Felipe por
todas las veces que no pudieron tener a una
mamá de tiempo completo, por haberles quitado
tiempo de mimarlos para lograr culminar mi
sueño.*

*Finalmente a todos mis familiares y amigos que
tuvieron una palabra de apoyo en la
elaboración de esta tesis.*

¡Gracias a Ustedes!

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACION	21
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
4. MARCO REFERENCIAL	24
4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE BENEFICIO EN AVÍCOLA EL MADROÑO S.A.	24
4.2 FUNDAMENTOS DE LA DESINFECCIÓN	27
4.3 SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA ELECTROLIZADA	33
4.4 GENERACION DEL AGUA ELECTROLIZADA	36
4.5 FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE GENERACIÓN DEL ÁCIDO HIPOCLOROSO	37
4.6 MICROORGANISMOS DEL AMBIENTE QUE DETERIORAN LOS ALIMENTOS	38
4.7 MECANISMOS DE ACCION DE AGUA ELECTROLIZADA E HIPOCLORITO DE SODIO SOBRE LOS MICROORGANISMOS	39
5. DISEÑO METODOLOGICO	43
5.1 PRODUCCIÓN DEL AGUA ELECTROLIZADA	43

	Pág.
5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN MADRE	44
5.3 SOLUCIÓN DE TRABAJO	44
5.4 ÁREA DE ESTUDIO	44
5.5 FORMA DE APLICACIÓN	45
5.6 SITIOS DE UBICACIÓN DEL MUESTREO	46
5.7. TIEMPOS DE MUESTREO MICROBIOLÓGICO	47
5.7.1 Muestreos.	48
5.8. EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA	48
5.8.1 Muestreo.	48
5.9. COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE DESINFECCIÓN DEL AGUA ELECTROLIZADA VS. HIPOCLORITO DE SODIO	50
5.9.1. Hipótesis.	50
5.9.1.1 Hipótesis Nula.	50
5.9.1.2 Hipótesis Alterna.	50
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
7. CONCLUSIONES	63
DIVULGACIÓN	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área de Eviscerado en proceso	15
Figura 2. Esquema de obtención del Agua Electrolizada (AE)	17
Figura 3. Etapas del proceso de beneficios en Avícola El Madroño S.A.	24
Figura 4. Desinfección de un galpón en España	34
Figura 5. Esquema de obtención del Agua Electrolizada	37
Figura 6. Plano de Avícola El Madroño S.A., con las dimensiones del Área de Eviscerado objeto de estudio	44
Figura 7. Aplicación del Agua Electrolizada (AE) en el área	46
Figura 8. Sitios de ubicación de muestreo microbiológico	47
Figura 9. Control microbiológico de ambiente	49

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Porcentajes de efectividad microbiológica mohos y levaduras	55
Gráfica 2. Porcentaje de efectividad microbiológica <i>aerobios totales</i>	56
Gráfica 3. Efecto microbicida para mohos y levaduras	57
Gráfica 4. Efecto microbicida para <i>aerobios totales</i>	59
Gráfica 5. Comparación entre uso de desinfectantes y efecto microbicida para mohos y levaduras	60
Gráfica 6. Comparación entre uso de desinfectantes y efecto microbicida para <i>aerobios totales</i>	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resultados en LOG ₁₀ UFC/min exposición de aerobios totales, presentes en el Área de Eviscerado, para cada uno de los desinfectantes empleados	52
Tabla 2. Resultados en LOG ₁₀ UFC/min exposición de mohos y levaduras, presentes en el Área de Eviscerado, para cada uno de los desinfectantes empleados	54

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. EQUIPO DE PRODUCCION DE AGUA ELECTROLIZADA	75

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL AGUA ELECTROLIZADA COMO MEDIO DE DESINFECCIÓN DEL AMBIENTE EN EL AREA DE EVISCERADO DE LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA EL MADROÑO S.A.

AUTOR: GINA PATRICIA PARRA APARICIO.

PALABRAS CLAVE: AGUA ELECTROLIZADA, AMBIENTE, AVÍCOLA, DESINFECCIÓN.

DESCRIPCIÓN:

En la Industria Avícola, la zona de eviscerado es altamente contaminada con microorganismos, motivo por el cual siempre se ha utilizado para la desinfección diferentes productos químicos, el más común y de uso general, ha sido el hipoclorito de sodio. En este trabajo, se propuso utilizar y evaluar el agua electrolizada con su principio activo ácido hipocloroso, obtenido por electrólisis salina, como una alternativa de desinfección. El objetivo consistió en evaluar la carga microbiana en relación a microorganismos *aerobios mesófilos* totales, mohos y levaduras, antes y después de la aplicación del Agua Electrolizada ácida a 50 ppm cloro residual, pH 3,3, en el tiempo cero (antes de la desinfección), en el tiempo ocho (8) min (después de la desinfección) y en el tiempo cuatro (240 min) después de la desinfección y comparar los resultados utilizando el mismo procedimiento con hipoclorito de sodio, a 200 ppm de cloro residual. Los resultados mostraron que el porcentaje de reducción microbiana para mohos y levaduras fue de 87,44% con el uso de agua electrolizada y 84,59% con el empleo de hipoclorito de Sodio y para *aerobios mesófilos* totales fue de 56,92% con agua electrolizada ácida y 55,36% con el empleo de hipoclorito de Sodio. Los resultados sugieren que el agua electrolizada ácida con su agente oxidante, ácido hipocloroso, utilizado a menor concentración de cloro residual, mostró resultados de acción desinfectante similares a la utilización de hipoclorito de sodio a 200 ppm de cloro residual, por lo cual se recomienda como una nueva alternativa de desinfección, se considera un producto de generación limpia, que no causa efectos residuales en el ambiente, ni acarrea peligros para la salud humana y para los manipuladores.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Maestría en Ingeniería Ambiental. Directora: Beatriz Elena Guerra.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE ELECTROLYZED WATER AS A MEANS OF DISINFECTION OF THE ENVIRONMENT IN THE AREA OF THE EVISCERATED BENEFIT PLANT AVÍCOLA EL MADROÑO S.A.

AUTHOR: GINA PATRICIA PARRA APARICIO.

KEYWORDS: ELECTROLYZED WATER, ENVIRONMENT, POULTRY, DISINFECTION.

DESCRIPTION:

In the poultry industry, the area of gutted is highly contaminated with microorganisms, why has always been used for the disinfection different chemicals, the most common and general use, has been the sodium hypochlorite. In this work, it was proposed to use and evaluate the electrolyzed into water with its active principle hypochlorous acid, obtained by electrolysis saline, as an alternative of disinfection. The objective was to evaluate the microbial load in relation to *aerobios mesófilos* bacterial, molds and yeasts, before and after the implementation of the Water acidic electrolyzed into 50 ppm residual chlorine, pH 3.3 , at the time zero (prior to disinfection), at the time eight (8) min (after the disinfection) and in the time four (240 min) after the disinfection and compare the results using the same procedure with sodium hypochlorite, to 200 ppm of chlorine residual.

The results showed that the percentage of microbial reduction for molds and yeasts was 87.44 % with the use of water and electrolyzed into 84.59 % with the use of sodium hypochlorite and for *aerobios mesófilos* totales 56.92 % with water and acid electrolyzed into 55.36 % with the use of sodium hypochlorite.

The results suggest that the acidic electrolyzed into water with its oxidizing agent, hypochlorous acid, used to a lower concentration of residual chlorine, showed results of disinfecting action similar to the use of sodium hypochlorite to 200 ppm of residual chlorine, so it is recommended as a new alternative for disinfection, it is considered a clean generation product, which does not cause residual effects in the environment, nor carries dangers to human health and the manipulators

* Bachelor Thesis.

** Chemical Physics Engineering Faculty. Chemical Engineering School. Environmental Engineering Master. Director: Beatriz Elena Guerra.

INTRODUCCIÓN

El sector avícola en el Departamento de Santander es un sector de amplia influencia económica y social, con una producción nacional de pollo entero sin vísceras de 3.462.765 toneladas promedio, desde el año 2011 hasta el 2014¹. En particular, la empresa Avícola El Madroño S.A., ubicada en el Kilómetro 6 Vía Girón Planta 2 Itacol en Bucaramanga (Santander, Colombia), aporta una producción de 60.000 aves/día en un proceso de 8 horas, con un peso de 85.312 kilos/día, los cuales se manipulan en el Área de Eviscerado para un total de 26.632 toneladas al año².

La Industria Avícola y en general, las empresas de Producción de Alimentos, necesitan emplear ambientes libres de microorganismos para garantizar la seguridad en sus productos terminados, cumplir con la calidad, satisfacer al consumidor y dar cumplimiento a la normatividad legal sobre las Buenas Prácticas de Manufactura en la producción de alimentos³.

En las Plantas de Beneficio Avícola, las áreas del proceso de mayor contaminación y cuidado son las Zonas del Eviscerado, porque allí se realiza la extracción de tripas, vísceras comestibles y vísceras para subproductos. (Ver Figura 1)

¹ FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA (FENAVI). 2014. [Disponible en]: www.fenavi.org

² MANTILLA, Oscar. Programa Planta de Beneficio Avícola El Madroño S.A. Lebrija-Santander, Colombia. 2014.

³ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA – MINISTERIO DE SALUD. Decreto 3075 de 1997 (Diciembre 23). Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. Diario Oficial 43.205 de Diciembre 31 de 1991. [Disponible en]: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3337>

Figura 1. Área de Eviscerado en proceso



Fuente: Avícola El Madroño S.A. 2014.

En esta sección de eviscerado se pueden presentar problemas graves de contaminación fecal que se transmite al alimento, por no aplicar un adecuado ayuno a las aves⁴. La contaminación en el sector de eviscerado pone en serios riesgos la calidad final del producto procesado, debido a los microorganismos existentes en el ambiente.

En la Planta de Beneficio de Avícola El Madroño, actualmente se utiliza para la desinfección del Área de Eviscerado el Hipoclorito de Sodio al 16%, a 200 ppm de Cloro residual, con consumos de 1440 Litros/año⁵. Sin embargo, el uso de Hipoclorito puede acarrear efectos negativos para el medio ambiente, causar irritación en los ojos de las personas que manipulan el producto, sin desconocer

⁴ CERVANTES, Eduardo. Procesamiento de Aves. Gerencia Productiva. Barranquilla: Ediciones Científicas. 2007. Pp. 116-118.

⁵ MANTILLA. Op. Cit.

que presenta efecto residual formando trialometanos y dioxinas; compuestos considerados como cancerígenos⁶.

En este sentido, es interesante evaluar otros métodos de desinfección, sean físicos o químicos que no pongan en riesgo la salud de los operarios que realizan la desinfección de las áreas de interés en la Industria de Alimentos, que sean igualmente eficaces como el hipoclorito de sodio pero sin afectar el ambiente y la salud de los operarios, como por ejemplo el agua electrolizada (AE), la cual se fundamenta en una tecnología electroquímica, esta se genera cuando una disolución de cloruro sódico se somete a un proceso de electrólisis.

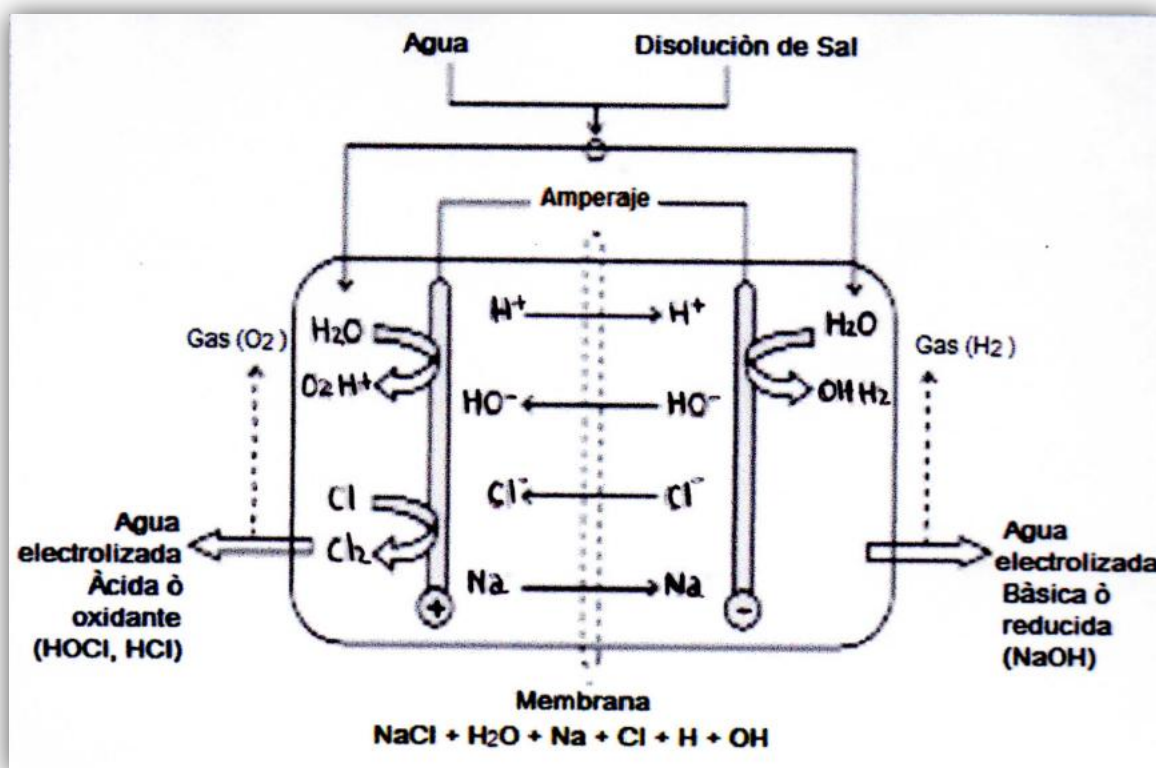
En los equipos comerciales diseñados para generar agua electrolizada, una disolución acuosa de NaCl se hace pasar a través de una cámara que cuenta con dos electrodos, uno positivo (ánodo) y uno negativo (cátodo), divididos por una membrana diafragmática, y a la que se le induce corriente eléctrica. Los iones de sodio y de hidrógeno atraídos por el cátodo generan diversos elementos, principalmente oxígeno gaseoso, cloro gaseoso, ácido hipocloroso (ánodo) y ácido hipo clórico, tras el proceso de electrolisis diafragmática se obtienen dos (2) soluciones: agua electrolizada ácida u oxidante (EO), generada en la cámara del ánodo y

Agua electrolizada básica o reducida (ER), producida en la cámara del cátodo (Ver Figura 2), el agua electrolizada ácida se utiliza para sanitizar superficies y eliminar bacterias, y el agua electrolizada básica o reducida se utiliza como detergente⁷.

⁶ NEVERS, Noel D. Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. México D.F.: McGraw Hill. 1997. Pp. 11-29.

⁷ LONG B., Liao; WEI M., Chen; XIAN M., Xiao. The Generation and Inactivation Mechanism of Oxidation-Reduction Potential of Electrolyzed Oxidizing Water. Journal of Food Engineering. Vol. 78. N° 4. 2007. Pp. 1326.

Figura 2. Esquema de obtención del Agua Electrolizada (AE)



Fuente: LONG B., Liao; WEI M., Chen; XIAN M., Xiao. The Generation and Inactivation Mechanism of Oxidation-Reduction Potential of Electrolyzed Oxidizing Water. Journal of Food Engineering. Vol. 78. N° 4. 2007. Pp. 1326.

Algunas de las aplicaciones del agua electrolizada ácida a nivel industrial han sido:

- Para el control de patógenos en la lechuga⁸.
- Eficacia del agua electrolizada básica para lavado como detergente en tablas de corte en alimentos⁹.
- Como oxidante para efectos controladores de la enfermedad del moho gris de las plantas de fresas¹⁰.

⁸ KOSEKI, S.; ISOBE, S.; ITOH, K. Efficacy of Acidic Electrolyzed Water Ice for Pathogen Control on Lettuce. Journal of Food Prot. Vol. 67. 2004.

⁹ MONNIN, Abigail; LEE Jaesung; PASCALI, Melvin. Efficacy of Neutral Electrolyzed Water for Sanitization of Cutting Boards Used in the Preparation of Foods. Journal of Food Engineering. Vol. 110. Issue 4. 2012. Pp. 641-646.

- Agua electrolizada y ácida como desinfectante para hojas mizuna bebe¹¹.
- Como desinfectante para manzanas¹².
- Para el manejo de post cosecha del moho gris en melocotones y uvas con agua electrolizada ácida y para el aumento de la vida útil de la fruta¹³.
- Para inactivar los patógenos transmitidos por los alimentos en diferentes condiciones ambientales¹⁴.
- En la Industria de Alimentos se ha considerado como un nuevo desinfectante seguro en las superficies de las plantas de alimentos y en la limpieza de los productos de origen animal¹⁵.
- Para el lavado y esterilización de vegetales¹⁶.
- Para el control de enfermedades en los cultivos por medio de la aspersión de agua electrolizada ácida¹⁷, entre otros.

Los estudios realizados sobre el agua electrolizada ácida han demostrado que la solución obtenida a partir de la electrólisis diafragmática de una solución de cloruro de sodio presenta un elevado potencial de inhibición frente a ciertos

¹⁰ GUENTZEL, J.L.; LAM, Kam; LIANG; CALLAN, Michael; EMMONS, Stuard. Evaluation of Electrolyzed Oxidizing Water for Phytotoxic Effects and Pre Harvest Management of Gray Mold Disease on Strawberry Plant. *Crop Protection*. Vol. 30. Issue 10. 2011. Pp. 1274-1277.

¹¹ CALLEJAS, Tomas A.; MARTINEZ, G.B.; HERNANDEZ, Artes F. Neutral and Acidic Electrolyzed Water as Emergent Sanitizers for Fresh Cut Mizuna Baby Leaves. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 69. 2011. Pp. 298-306.

¹² GRACA, Ana; ABADIAS, Maribel; SALAZAR, Miguel; NUNES, Carla. The Use Electrolyzed Water as a Disinfectant for Minimally Processed Apples. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 61. 2011. Pp. 172-177.

¹³ GUENTZEL, J.L.; LAM, Kam; LIANG; CALLAN, Michael; EMMONS, Stuard. Postharvest Management of Gray Mold and Brown Rot on Surface of Peaches and Grapes Using Electrolyzed Oxidizing Water. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 143. 2010. Pp. 1-2.

¹⁴ RAHMAN, S.M.E.; DING, Tian. Effectiveness of Low Concentration Electrolyzed Water to Inactivate Foodborne Pathogens Under Different Environment Conditions. *Article International Journal of Food Microbiology*. Vol. 139. 2010. Pp. 147-153.

¹⁵ HUANG, Yu Ru; HUNG, Yen-Con; HSU, Shun-Yao; HUANG, Yao Wen; HWANG, Deng Fwu. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry. *Science Direct. Food Control*. Vol. 19. 2008. Pp. 329-345.

¹⁶ HUANG, C.C.; CHENG, T.C.; YANG, Y.R.; CHUNG, Y.H. Evaluation of Washing and Sterilization of Vegetables Using Electrolyzed Strong Acid Aqueous Solution. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society*. Vol. 36. 1998. Pp. 473-482.

¹⁷ FUJIWARA, K.; DOI, R.; IIMOTO, M.; SHI, Q.C. Fundamental Studies on Crop by Spraying Electrolyzed Strong Acid Water. *Environment Control in Biology*. Vol. 36. 1998. Pp. 245-249.

microorganismos patógenos¹⁸, y se considera un producto de generación limpia, que no causa efectos residuales, ni acarrea peligros para la salud humana y para los manipuladores, su uso en la desinfección de ambientes ha venido creciendo a nivel mundial, su aplicación y validación como desinfectante en la Industria Avícola es una metodología novedosa a nivel local, por lo cual se propuso en este trabajo evaluar la efectividad del agua electrolizada para eliminar los microorganismos contaminantes ambientales en el Área de Eviscerado, antes del proceso y a las cuatro (4) horas después de la aplicación del Agua Electrolizada a 50 ppm, el experimento se llevó a cabo con una periodicidad de tres (3) días, de (1) semana, durante tres (3) meses.

¹⁸ BUCK, J.W.; VAN IERSEL, M.V.; OETTING, R.D.; HUNG, Y.C. In Vitro Fungicidal Activity of Acidic Electrolyzed Oxidizing Water. Plant Disease. Vol. 86. N° 3. 2002. Pp. 278.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

La zona de eviscerado de las aves, es un lugar contaminado naturalmente por el tipo de muestras que se procesan y por la contaminación cruzada que suele ocurrir con la manipulación de las mismas. Para evitar la contaminación se ha utilizado de forma generalizada el hipoclorito de sodio, considerado el desinfectante más popular en la Industria Avícola; este producto causa efectos negativos para la salud humana, como irritación en mucosa de los manipuladores y crea un efecto residual en el ambiente, puede formar compuestos tales como cloraminas y triclorometanos, considerados cancerígenos. Por lo cual, se hace necesaria la búsqueda de otros desinfectantes igualmente efectivos pero que no causen efectos sobre el ambiente y los manipuladores. En este trabajo se utilizó un método de desinfección poco convencional en la Industria Avícola, como es el agua electrolizada ácida, con el objetivo de evaluar su eficacia de desinfección en mohos-levaduras, mesófilos en el ambiente de eviscerado.

2. JUSTIFICACION

En la Planta de Beneficio Avícola El Madroño S.A., ubicada en Lebrija-Santander, sitio donde se llevara a cabo este estudio, se sacrifica aproximadamente 60.000 aves por turno de ocho (8) horas, con una velocidad en cadena de 6.600 pollos hora y se utilizan cuatro (4) litros de hipoclorito de sodio al día, en el Área de Eviscerado quedan expuestas las vísceras blancas y rojas y los microorganismos quedan circundando en el ambiente, esta carga microbiana potencialmente podría afectar la salud de los operarios. De acuerdo a Mantilla (2013), en este lugar laboran 25 a 30 empleados aproximadamente, que estarían expuestos a esta carga; por lo cual se hace necesario emplear una solución desinfectante para el ambiente, que permita garantizar la inocuidad de los alimentos, proteger el medio ambiente, pero que a su vez proteja los trabajadores

Para resolver esto, se propuso emplear el agua electrolizada ácida, que es un producto que tiene alto poder bactericida, por su bajo pH sensibiliza la membrana externa de las células bacterianas permitiendo su ingreso, afectando directamente las proteínas y ácidos nucleicos. Su mecanismo de acción se realiza a través de la inhibición de la oxidación de la glucosa en el metabolismo de los carbohidratos¹⁹²⁰, debido a su amplio espectro antimicrobiano varios autores lo han reportado en diversos estudios de alimentos,^{21 22 23 24} adicionalmente se ha reportado como una

¹⁹ HUNG, Yen-Co. USDA Afri Integrated Food Safety Project. The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, Georgia, USA. [Disponible en]: www.caes.uga.edu/research/beefsafety [Consultado en]: Febrero 20 de 2015.

²⁰ *Ibíd.*

²¹ CARRASCAL, Ana K.; CHAVES, Gustavo. Producción de Agua Electrolizada Para Eliminación de Microorganismos en Lechuga. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. 2004.

²² CASADIEGO, P.; CUARTAS, R.; CARRASCAL, A.K. Efectividad del Agua Electrolizada Oxidadora (EO) en la Inactivación de *Listeria monocytogenes* en Lechuga (*Lactuca sativa* L). Córdoba: Universidad de Córdoba. 2004.

²³ TABERNERO DE PAZ, M.J.; BODAS Y BARTOLOME, D. Electrolized Water as a Cleaning Agent in Animal Production: Effects on Health and Performance. España: Instituto Tecnológico Agrario Subdirección de Investigación y Tecnología, Zootecnia. Vol. 61. 2013. Pp. 15-19.

sustancia no tóxica, no contaminante del ambiente, presentando bajos costos de producción, son algunas características que hacen del agua electrolizada (AE) un producto atractivo para ser evaluado como desinfectante.

²⁴ ISSA ZACHARIA, Abdulsudi; KAMITANI, Yoshinari; MIWA, Nami; HAPPINESS, Muhimbula; IWASAKI, Koichi. Application of Slightly Acidic Electrolyzed Water as a Potential Nonthermal Food Sanitizer for Decontamination of Fresh Ready to Head Vegetables and Sprouts. Food Control. Vol. 22. Issues 3-4. March- April, 2011. Pp. 601-607.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia del agua electrolizada (AE) como reductor de la carga microbiana, del Área de Eviscerado de la Planta de Beneficio de Avícola El Madroño S.A. (Lebrija, Santander).

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

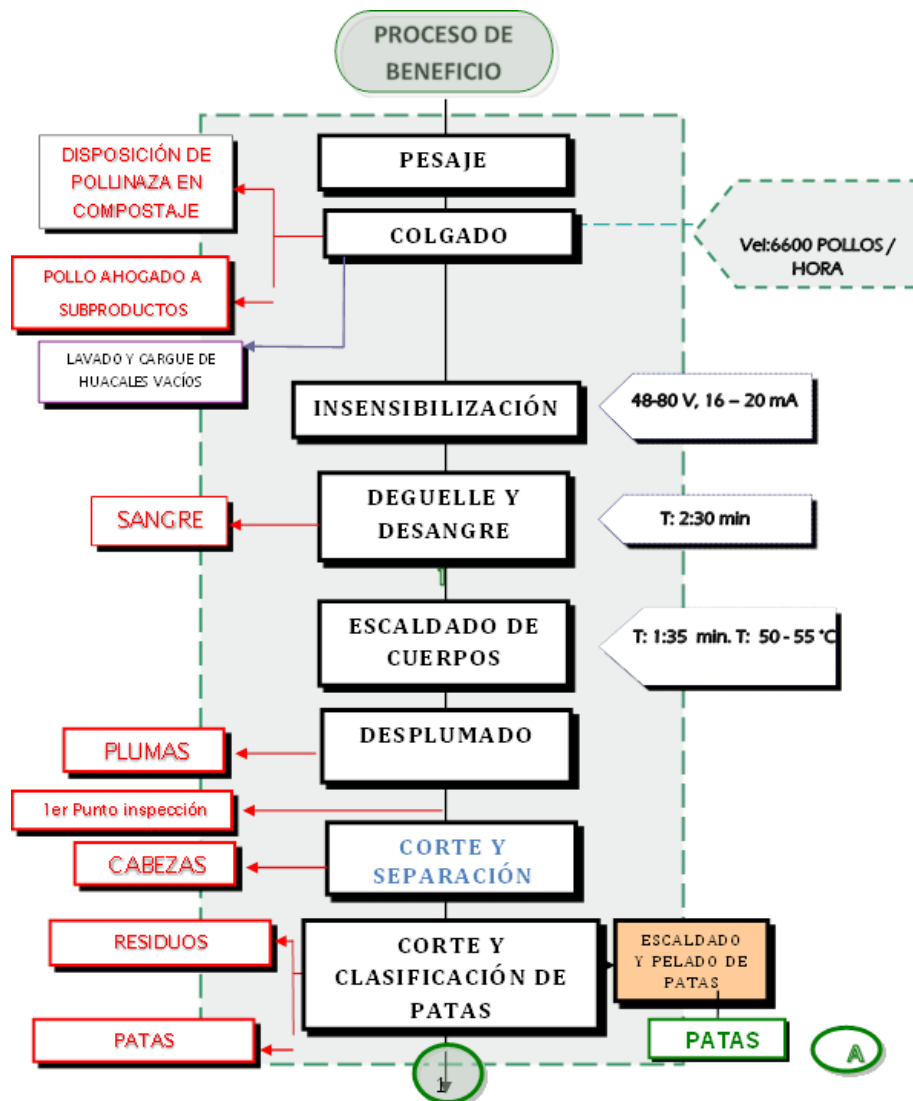
- Determinar la carga microbiológica presente en el ambiente del Área de Eviscerado antes y después de la utilización del agua electrolizada (AE) como medio de desinfección.
- Comparar la efectividad del agua electrolizada (AE) en la desinfección del ambiente del Área de Eviscerado, con relación al Hipoclorito de Sodio, como desinfectante utilizado en la empresa.

4. MARCO REFERENCIAL

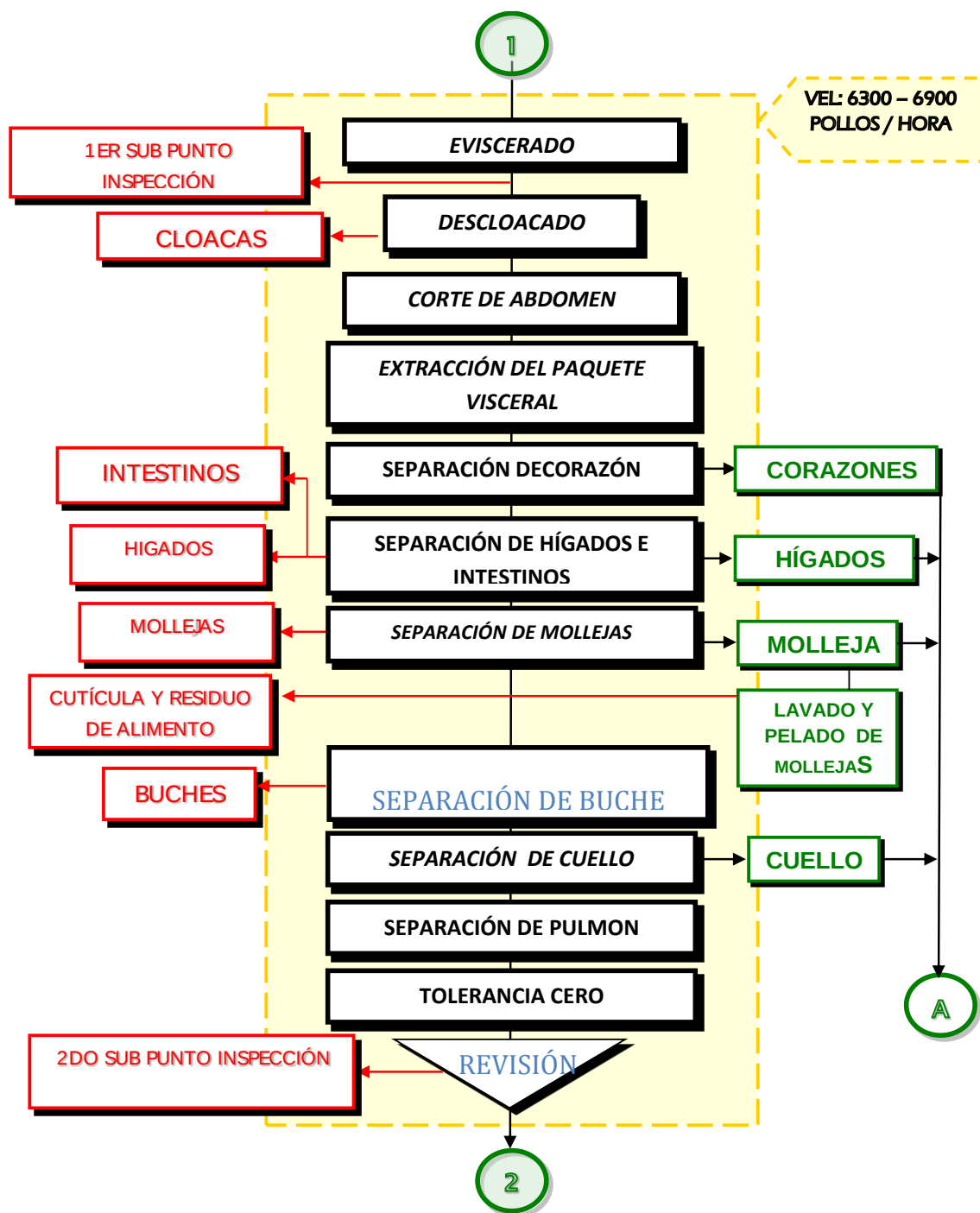
4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE BENEFICIO EN AVÍCOLA EL MADROÑO S.A.

La Planta de Beneficio en su proceso, realiza etapas, monitoreadas y controladas por el Departamento de Calidad, que se detallan en el flujograma de proceso, para obtener un ave en canal que no cause daño al consumidor. (Ver Figura 3)

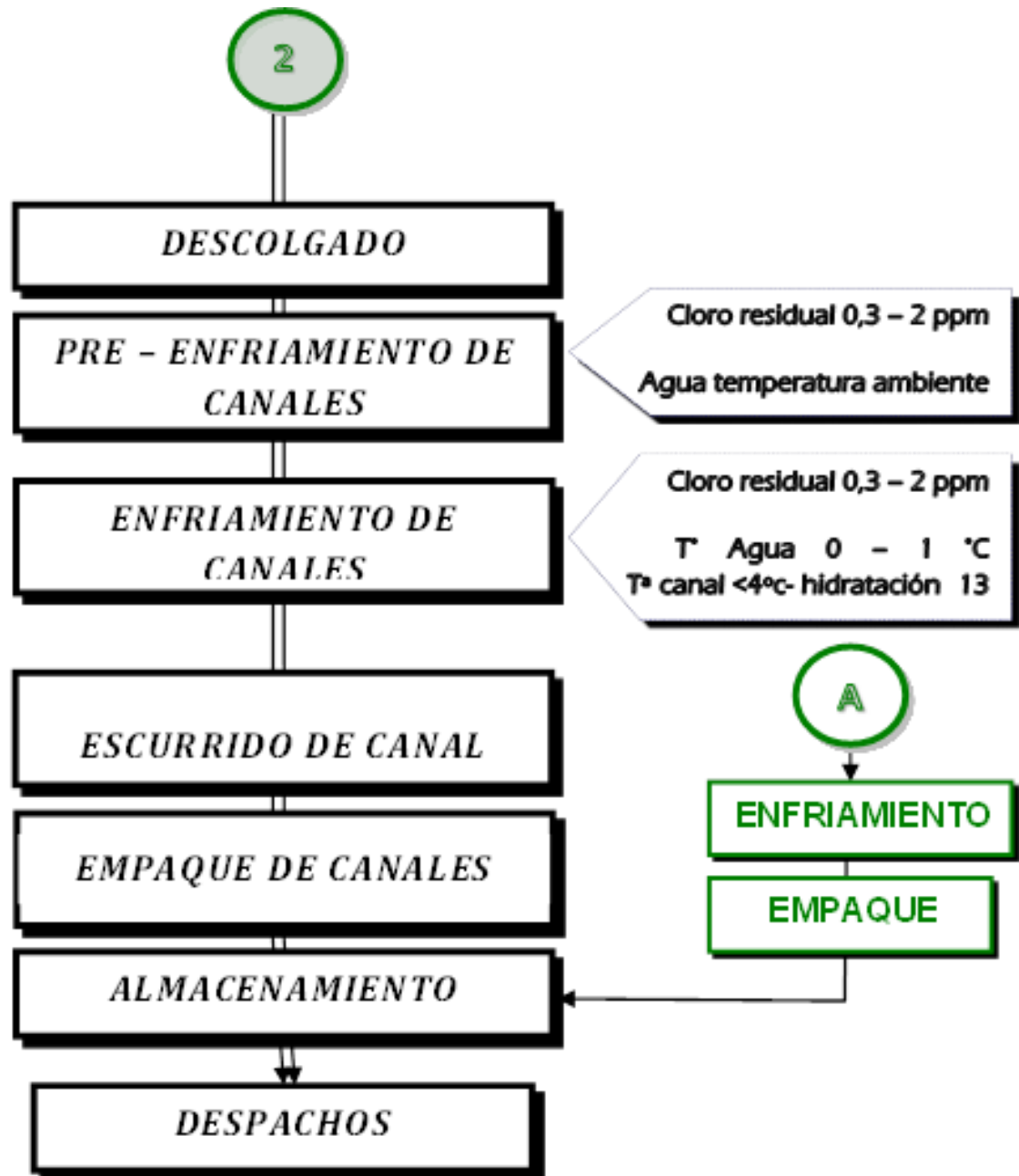
Figura 3. Etapas del proceso de beneficios en Avícola El Madroño S.A.



Continuación Figura 3. Etapas del proceso de beneficios en Avícola El Madroño S.A.



Continuación Figura 3. Etapas del proceso de beneficios en Avícola El Madroño S.A.



Fuente: MANTILLA, Oscar. Programa Planta de Beneficio Avícola El Madroño S.A. Lebrija-Santander, Colombia. 2013.

4.2 FUNDAMENTOS DE LA DESINFECCIÓN

La desinfección es un proceso empleado para la destrucción de microorganismos causantes de enfermedades, aunque no todos los microorganismos pueden destruirse mediante este proceso, lo que hace su diferencia con la esterilización que garantiza la destrucción total de los microorganismos; por medio de la desinfección se deben mantener los niveles de contaminación microbiana dentro de los límites considerados aceptables, desde el punto de vista teórico-sanitario, en función del riesgo que representa en cada caso sobre la actividad que se realiza en un lugar concreto, por ello la desinfección es una medida recomendada en colegios, hospitales, industrias alimentarias, granjas, etc.; es importante resaltar que antes de realizar la desinfección se debe realizar una adecuada limpieza, para que la desinfección sea eficaz.

Los desinfectantes pueden clasificarse en tres (3) categorías según su potencial microbicida:

Desinfectantes de alto nivel: inactivan todas las formas vegetativas de los microorganismos, pero no destruyen toda forma de vida microbiana, puesto que no eliminan todas las endosporas bacterianas. Inactivan algunas esporas bacterianas, muchas esporas fúngicas, todas las bacterias vegetativas, los bacilos tuberculosos y todo tipo de virus, entre ellos lipídicos e incluso virus no lipídicos.²⁵

La mayoría requiere un tiempo de veinte (20) minutos para ejercer una acción desinfectante, pueden también destruir las esporas bacterianas si el tiempo de contacto es prolongado entre seis (6) y diez (10) horas.

²⁵ VEGA CARO, Edith y TORRES, Gloria. Desinfección de Alto Nivel. Unidad de Endoscopia Digestiva. Hospital del Trabajador. 11 p. [Disponible en]: www.endoscopia.co.cl/pdf/desinfec1.pdf [Consultado en]: Agosto 14 de 2015.

Desinfectantes de alto nivel:

- Glutaraldehído 2%.
- Glutaraldehído fenolado (glutaraldehído 2% + fenol <10%).
- Orto-flalaldehído 0,55%.
- Ácido peracético <1% (0,2%-0,35% son las concentraciones más utilizadas).
- Aminas terciarias asociadas a compuestos de amonio cuaternario.
- Peróxido de hidrógeno 7,5%.
- Ácido peracético 0,08% + peróxido de hidrógeno 1%.
- Agua superoxidada.

Desinfectantes de nivel intermedio: estos desinfectantes no eliminan las esporas bacterianas, pero inactivan bacterias vegetativas, incluido *mycobacterium tuberculosis* (muy resistente). También, son eficaces contra los hongos y contra algunos virus; el tiempo de contacto mínimo para la desinfección es de 10 minutos con estos desinfectantes.

Se consideran de nivel intermedio los siguientes desinfectantes:

- Alcohol etílico 70%.
- Alcohol isopropílico 70-90%.
- Fenoles.
- Algunos aldehídos asociados (glutaraldehído + formol + gloxal).

Desinfectantes de bajo nivel: los desinfectantes de bajo nivel no son capaces de destruir en un periodo práctico de tiempo endosporas bacterianas, microbacterias ni todos los hongos y/o virus no lipídicos, el tiempo de contacto mínimo para la desinfección de bajo nivel es de 10 minutos empleando desinfectantes como:

- Hipoclorito sódico a 100 ppm.

- Compuestos de amonio cuaternario.

Los métodos más empleados para llevar a cabo la desinfección son cuatro (4): (1) agentes químicos, (2) agentes físicos, (3) medios mecánicos y (4) radiación.

1. Agentes químicos. Los agentes químicos utilizados para la desinfección incluyen: el cloro y sus compuestos; el bromo; el yodo; el ozono; el fenol y los compuestos fenólicos; los alcoholes; los metales pesados y compuestos afines; los colorantes; los jabones; los compuestos amoniacaes cuaternarios; el agua oxigenada, y ácidos y álcalis diversos.²⁶

Los desinfectantes más corrientes son los productos químicos oxidantes, de los cuales el cloro es el más universalmente empleado, aunque también se ha utilizado, para la desinfección del agua residual, el bromo y el yodo. El ozono es un desinfectante muy eficaz cuyo uso va en aumento, a pesar de que no deja una concentración residual que permita valorar su presencia después del tratamiento. El agua muy ácida o muy alcalina también se ha empleado para la destrucción de bacterias patógenas, ya que el agua con pH inferior a 3 o superior a 11 es relativamente tóxica para la mayoría de las bacterias, pero en agua potable se aceptan valores máximo en cloruros de 250 mg/L y de 2 mg/L de cloro residual libre.²⁷

2. Agentes físicos. Los desinfectantes físicos que se pueden emplear son la luz y el calor. El agua caliente a la temperatura de ebullición, por ejemplo, destruye las principales bacterias causantes de enfermedades y no formadoras de

²⁶ Desinfección. 8 p. [Disponible en]: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/DESINFECCION.pdf> [Consultado en]: Agosto 14 de 2015.

²⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Resolución 2115 de 2007 (Junio 22). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá D.C. Diario Oficial 46.679 de Julio 04 de 2007. [Disponible en]: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30008>

esporas. El calor se suele emplear con frecuencia en las industrias lácticas y de bebidas. pero su aplicación al agua residual no es factible debido al alto costo. La luz solar también es un buen desinfectante, especialmente la radiación ultravioleta. En la esterilización de pequeñas cantidades de agua, el empleo de lámparas especiales ha resultado exitoso. La eficacia de este proceso depende de la penetración de los rayos en el agua. La geometría de contacto entre la fuente emisora de luz ultravioleta y el agua es de gran importancia debido a que la materia en suspensión, las moléculas orgánicas disueltas y la propia agua, además de los microorganismos, absorberán la radiación. Por lo tanto, la aplicación de la radiación ultravioleta como mecanismo de desinfección en ambientes puede resultar eficiente pero no lo es en sistemas acuosos, especialmente por la presencia de materia particulada.

- 3. Medios mecánicos.** Las bacterias también se pueden eliminar, con máquinas lavadoras especialmente diseñadas para el lavado de material. El proceso se realiza a través de una cinta transportadora, que incluye el lavado con agua fría, lavado con agua caliente, enjuague y secado. Estas máquinas forman chorros de agua y vapor que trabajan por fricción y generan turbulencias.
- 4. Radiación.** Los principales tipos de radiación son la radiación electromagnética, la acústica y la radiación de partículas. Los rayos gamma se emiten a partir de elementos radioisótopos, como el cobalto 60

Respecto a la desinfección ambiental se utilizan diferentes métodos novedosos y su aplicación se realiza mediante la microdifusión aérea del compuesto desinfectante.

La desinfección ambiental consiste en difundir en el área un producto capaz de destruir microorganismos contaminantes. El desinfectante es distribuido mediante un equipo difusor que utiliza el aire como vehículo de transmisión. Este aparato

extrae el desinfectante de un recipiente y lo fragmenta en micro gotas lo suficientemente finas para que sean emitidas en gran número y se repartan homogéneamente por todos los puntos del área, alcanzando todas las superficies tanto horizontales como verticales.²⁸

Las principales ventajas de la desinfección ambiental son las siguientes: el desinfectante se reparte en forma homogénea que alcanza todas las superficies en el área donde es aplicado, elimina todos los microorganismos incluso los más resistentes.

Es importante tener en cuenta que la desinfección en las industrias de alimentos es fundamental para garantizar la inocuidad de los alimentos, evitar que causen toxiinfecciones alimentarias y conseguir una mayor vida comercial del producto. Por ello, es importante conocer las sustancias activas disponibles y los diferentes productos formulados con ellas, así como sus características e idoneidad de aplicación en cada caso.

La acción biocida de los desinfectantes sobre las superficies de la industria alimentaria está influida por numerosos factores, como tiempo de contacto (la mortalidad de los patógenos aumenta cuanto mayor sea el tiempo de contacto), temperatura de aplicación (El aumento de la temperatura produce un aumento en la velocidad de mortalidad), concentración, tensión superficial de la solución desinfectante, pH (el pH ácido favorece la mortalidad de los microorganismos), número y localización de los microorganismos (cuanto mayor sea la concentración de organismos, mayor será el tiempo necesario para alcanzar una mortalidad), o tipo de microorganismo.²⁹

Es importante definir el tipo de microorganismos sobre los que se desea actuar, para prevenir o reducir su presencia en las superficies, ambientes e instalaciones

²⁸ PARRA, Gina. Programa de Limpieza y Desinfección. Avícola El Madroño S.A. Lebrija, Santander. 2013.

²⁹ Sanitation. Cleaning and Disinfection in the Food Industry. Stanga, M. WILEY-VCH. 2010.

de las áreas de trabajo. En muchos casos, el desinfectante debe ejercer su acción sobre más de un tipo de microorganismo, ya que en la industria alimentaria es posible encontrar cuatro grupos microbianos que pueden causar toxiinfecciones en los consumidores como mohos y levaduras, micobacterias, virus (encapsulados o no), bacterias gram + y gram – (*aerobios mesófilos*).³⁰

Para lograr un mayor efecto biocida se debe tener en cuenta las características de los microorganismos:

- **Bacterias Gram + y Gram –:** tienen capacidad de sintetizar una pared anexa a la membrana citoplasmática. Esta pared presenta diferencias entre distintos tipos de bacterias y permite diferenciarlas en bacterias Gram + y bacterias Gram -. Una primera diferencia entre ellas se aprecia al comparar el espesor de la pared en ambos tipos de bacterias, en las bacterias Gram +, como en *Estafilococos aureus*, el espesor oscila entre 20-80 nm; en tanto que en bacterias Gram –, como *Escherichia coli*, su espesor oscila entre 10-15 nm. Sin embargo, la pared de las bacterias Gram – es más compleja que las de las bacterias Gram +. Esta mayor complejidad proporciona a la pared un mayor grado de impermeabilidad a las sustancias, excepto para aquellas que pueden penetrar por los poros de las células. Por tanto, las bacterias Gram – son menos sensibles a los desinfectantes que las bacterias Gram +. Además, ciertas bacterias, como *Bacillus spp* y *Clostridios spp*, son capaces de formar esporas cuando el medio que les envuelve les es hostil. Las esporas constituyen, de este modo, un medio de resistencia de las bacterias a los agentes antimicrobianos, y pueden causar contaminaciones de los alimentos, resistir los tratamientos térmicos o de conservación y ocasionar toxiinfección alimentaria, puesto que cuando las condiciones son favorables pueden volver

³⁰ Desinfectantes Utilizados en la Industria Alimentaria: Características, Modo de Actuación y Aspectos que Inciden en su Eficacia. Acción Sobre los Microorganismos. 10 p. [Disponible en]: http://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_boletin_Desinfectantes_y_Modo_de_accion_en_IIAA.pdf [Consultado en]: Agosto 15 de 2015.

al estado vegetativo con sus características iniciales y tienen la posibilidad de multiplicarse de nuevo.³¹

- **Mohos y levaduras:** las levaduras son hongos microscópicos, generalmente, unicelulares. Pueden provocar alergias y en ciertos casos infecciones sistémicas. Su pared celular está formada por un esqueleto de quitina que la protege de las agresiones físico-químicas, los mohos son hongos microscópicos, presentes principalmente en medios húmedos. Los principales problemas de salud que ocasionan son debidos a los compuestos orgánicos volátiles que producen, las microtoxinas, y la contaminación del aire por esporas que pueden ser inhaladas.

4.3 SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA ELECTROLIZADA

Las investigaciones se inician en el año 1.800, con los estudios realizados por los ingleses Nicholson y Carlisle, quienes fueron los primeros en descubrir la electrolisis del agua para producir H_2 y O_2 .³²

En 1966, se implementó el primer sistema de electrolito de polímero sólido, construido por *General Electric*, en 1972 se desarrolló la primera unidad de la electrólisis del agua y para 1978 comenzaron a surgir las primeras aguas alcalinas avanzadas.³³

³¹ Desinfectantes Utilizados en la Industria Alimentaria: Características, Modo de Actuación y Aspectos que Inciden en su Eficacia. Características de los Microorganismos. 10 p. [Disponible en]: http://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_boletin_Desinfectantes_y_Modo_de_accion_en_IIAA.pdf [Consultado en]: Agosto 15 de 2015.

³² Enterprise and Electrolysis. En: Royal Society of Chemistry. [Disponible en]: www.rsc.org/chemistryworld/Issues/2003/August/electrolysis.asp [Publicado en]: Agosto de 2013. [Consultado en]: Junio 5 de 2014.

³³ HSU, S.Y. Effects of Water Flow Rate, Salt Concentration and Water Temperature on Efficiency of an Electrolyzed Oxidizing Water Generator. Journal of Food Engineering. Vol. 60. 2003. Pp. 469-473.

Un laboratorio independiente de Louisiana, autorizado por la *Food and Drug Administration*, realizó las pruebas sanitarias, con un gran éxito en la prueba de toxicidad, demostrando que el agua alcalina generada por los ionizadores domésticos es apta para consumo humano, sin embargo, a pesar del éxito en las pruebas, fue hasta el año 1.990 que inició el mercado de los ionizadores, principalmente a través de empresas coreanas y japonesas, quienes continúan mejorando la tecnología³⁴.

Figura 4. Desinfección de un galpón en España



Fuente: Agua Electrolizada Desinfección Ecológica. En: Evirolyte. 2013. [Disponible en]: http://www.aguaelectrolizada.blogspot.com/2013/07/envirolyte.es/agua_electrolizada_desinfeccion_ecologica.htm,

³⁴ La Historia del Agua Alcalina. En: Mundo Alkalina. [Disponible en]: <http://www.mundoalkalina.com/2009/02/la-historia-del-agua-alkalina-por.html#!/2009/02/la-historia-del-agua-alkalina-por.html> [Consultado en]: Julio 22 de 2013.

El agua electrolizada ácida, se ha empleado en países como España y Costa Rica³⁵, para desinfección de galpones para aves, empleando el método de nebulización, que por su tecnología de activación electroquímica, proporciona la manera alternativa de controlar los microorganismos. (Ver Figura 4)

Varios trabajos han sido reportados para demostrar la efectividad del agua electrolizada como agente desinfectante en alimentos. Se ha señalado³⁶ 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 los detergentes habitualmente empleados, hallándose tras la limpieza con ambos tratamientos (agua electrolizada o detergente habitual) por su pH alcalino, recuentos nulos tanto de aerobios y *Streptococos fecales*, como lo demuestran *E. coli* y *coliformes* totales³⁷.

En Estados Unidos, se emplea el agua electrolizada en al menos diez (10) plantas embotelladoras de agua carbonatada. Algunas cadenas de almacenes la usan para limpiar los productos frescos y mantener húmedas las verduras y para sanitizar las áreas de preparación de alimentos y la carnes de aves, mientras que la Universidad de Georgia realiza estudios para reducir la cantidad de *Escherichia coli* productora de toxina shiga sobre la carne de bovino³⁸.

En Colombia en el año 2004, se reportó uno de los primeros trabajos para demostrar la efectividad del agua electrolizada como desinfectante, se realizó en lechugas con agua electrolizada ácida para la inactivación de *Listeria*

³⁵ Agua Electrolizada: Potente Antimicrobiano. Sistemas de Desinfección con Tecnología. En: Enviolyte Spain. Madrid. [Disponible en]: <http://www.enviolytespain.aguaelectrolizada.com> [Consultado en]: Mayo 15 de 2013.

³⁶ TABERNERO DE PAZ. Op. Cit. Pp. 15-19.

³⁷ Ibíd.

³⁸ Uso del Agua Electrolizada para Combatir Patógenos en Carne. En: Revista La Alimentación Latinoamericana. University of Georgia College of Agricultural and Environmental. Vol. 306. Georgia, USA. 2013. Pp. 42-43. [Disponible en]: www.es.scribd.com/doc/187931923/LAL306-pdf#scribd [Consultado en]: Octubre 10 de 2014.

Monocytogenes, durante la producción de Lechuga, partiendo de una solución al 5% de NaCl, con una concentración de cloro residual de 29 ppm y pH de 2,83, y para evaluar el mejoramiento del agua electrolizada se analizó igualmente la efectividad de la combinación con ácido acético al 6% (vinagre), demostrando que hay un efecto sinergista de ambos agentes antimicrobianos sobre la viabilidad de las células³⁹.

Se demostró, también, la efectividad del agua electrolizada a 14 ppm de cloro residual y pH 2.7 ± 0.2 , (Carrascal et al, 2004), obteniendo reducciones de la carga microbiana de *coliformes* (NMP) de >2400 NMP a <3 NMP, utilizando un tiempo de veinte (20) minutos.

4.4 GENERACION DEL AGUA ELECTROLIZADA (AE)

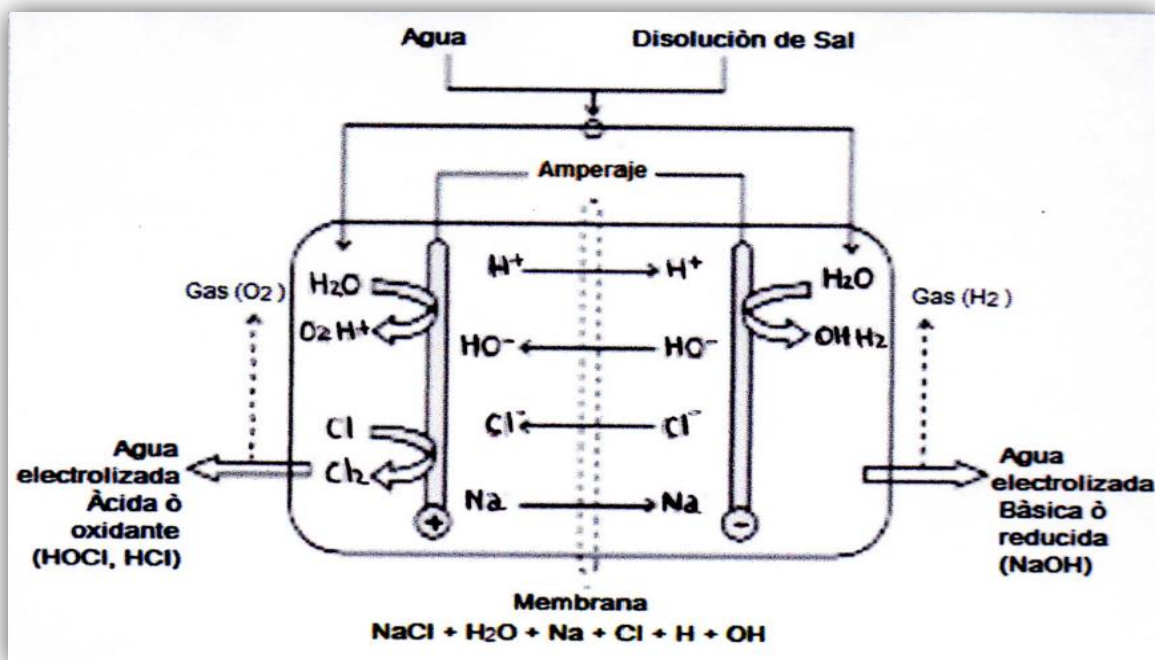
Se obtiene permitiendo el flujo de agua de grifo, bajo la disolución de sal o NaCl a 260.000 ppm, sin embargo la concentración de sal puede ser variable dependiendo del equipo de electrolisis, luego la solución se hace pasar por una cámara con dos (2) electrodos positivo y negativo, divididos por una membrana que lleva corriente, para obtener por el ánodo agua electrolizada acida u oxidante y por el cátodo agua electrolizada básica o reducida. (Ver Figura 5)

Este método con lleva a una producción limpia, porque los dos productos resultantes pueden ser utilizados en los procesos de limpieza, ya que el agua electrolizada ácida u oxidante se emplea como desinfectante y el agua electrolizada básica o reducida, se puede emplear como una solución jabonosa la cual puede ser utilizada para eliminar la suciedad y la grasa de elementos tales como tablas de cortar y otros utensilios de cocina.⁴⁰

³⁹ CASADIEGO. Op. Cit.

⁴⁰ HSU. Op. Cit.

Figura 5. Esquema de obtención del Agua Electrolizada



Fuente: LONG B., Liao; WEI M., Chen; XIAN M., Xiao. The Generation and Inactivation Mechanism of Oxidation-Reduction Potential of Electrolyzed Oxidizing Water. Journal of Food Engineering. Vol. 78. N° 4. 2007. Pp. 1326.

4.5 FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE GENERACIÓN DEL ÁCIDO HIPOCLOROSO

Ácido Hipocloroso (HOCl), un potente oxidante, tiene una buena actividad microbicida dentro de las células, reaccionando con muchas moléculas, especialmente tiol, eter, grupos amino y carbohidratos.

La proporción de ácido hipocloroso (HOCl) y ion hipoclorito (OCl⁻) en una solución depende de su pH.

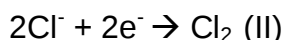
El pH predominante del HOCl oscila entre pH 3 y 6. Dentro de este intervalo de pH, la concentración de HOCl es óptima y su disociación es mínima. A mayor pH se forma (OCl⁻), mientras que a menor pH, la solución existe como una mezcla de cloro (Cl₂) y HOCl en solución.

Se puede obtener por tres métodos:

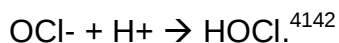
1. Hidrólisis de gas de cloro



2. Electrolisis de solución de sal



3. Acidificación de hipoclorito



4.6 MICROORGANISMOS DEL AMBIENTE QUE DETERIORAN LOS ALIMENTOS

Algunos de los microorganismos presentes en los ambientes, son los mohos, levaduras, *aerobios mesófilos*⁴³.

Los mohos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente. Pueden encontrarse como flora normal de un alimento, o como contaminantes en los equipos. Ciertas especies de mohos y levaduras son útiles en la elaboración de algunos alimentos; sin embargo, también, pueden ser causantes de la descomposición de otros, debido a su crecimiento lento y a su

⁴¹ Tropical Journal of Pharmaceutical Research. Pharmacotherapy Group, Faculty of Pharmacy, University of Benin, Benin City, 300001 Nigeria. 12 (1). February, 2013. Pp. 123-126. ISSN: 1596-5996 (print); 1596-9827 (electronic). [Disponible en]: <http://www.tjpr.org/http://dx.doi.org/10.4314/tjpr.v12i1.20>

⁴² ERYILMAZ, Müjde; MURAT PALABIYIK, İsmail. Hypochlorous Acid - Analytical Methods and Antimicrobial. Department of Pharmaceutical Microbiology, Department of Analytical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Ankara University, 06100 Ankara, Turkey. Received: 27 September 2012 Revised accepted: 5 January 2013 [Disponible en]: <http://www.ajol.info/index.php/tjpr/article/view/86198>

⁴³ FLÓREZ, Francisco, PARDAVÉ, Lidia; ALONSO, María Teresa. Calidad Microbiológica Ambiental en el Campo Universitario. México D.F.: Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Investigación y Ciencia. 2003. Pp. 3-10.

baja competitividad. Los mohos y levaduras se manifiestan en los alimentos donde el crecimiento bacteriano es menos favorable⁴⁴.

Otro tipo de microorganismos están ampliamente distribuidos y son llamados mesófilos (crecimiento a temperatura entre 15°C y 35°C), en este grupo se encuentran algunos de los microorganismos patógenos es decir los causantes de enfermedades, es por esto que en el análisis de los alimentos la presencia de este tipo de microorganismos, refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima. Dentro de los microorganismos mesófilos, tenemos *staphylococcus aureus* y algunos *Gram* (–) que son importantes contaminantes en la Industria Avícola.

4.7 MECANISMOS DE ACCION DE AGUA ELECTROLIZADA E HIPOCLORITO DE SODIO SOBRE LOS MICROORGANISMOS

La acción de los desinfectantes puede ser explicado por cuatro mecanismos: (1) daño a la pared celular; (2) alteración de la permeabilidad de las células; (3) alteración de la naturaleza coloidal del protoplasma, y (4) inhibición de la actividad enzimática. El daño o destrucción de la pared celular da lugar a la lisis celular y a la muerte de la célula. Algunos agentes, como la penicilina, inhiben la síntesis de la pared celular de las bacterias. Los agentes tales como los compuestos fenólicos y los detergentes alteran la permeabilidad de la membrana citoplasmática. Estas sustancias destruyen la permeabilidad selectiva de la membrana y permiten que se escapen algunos nutrientes vitales, como el nitrógeno y el fósforo.

⁴⁴ HERNÁNDEZ, Esperanza. Programa de Muestreo Microbiológico. Avícola El Madroño S.A., Lebrija-Santander, Colombia. 2013. Pp. 23-28.

El calor, la radiación, y los agentes fuertemente ácidos o alcalinos alteran la naturaleza coloidal del protoplasma. El calor coagula la proteína celular y los ácidos o bases desnaturalizan las proteínas, produciendo un efecto letal.

Hipoclorito de sodio por ser un desinfectante clorado, posee la acción microbicida por medio del cloro, que es un gas que no puede utilizarse en la formulación de los compuestos, por ello un medio para utilizarlo es mediante la reacción con productos cáusticos, lo que da lugar a la formación de hipoclorito de sodio, que es la base de numerosos desinfectantes. Su poder desinfectante proviene de sus propiedades oxidantes debido a la presencia del ion ClO^- , que ataca la membrana citoplasmática. Estos desinfectantes clorados son efectivos frente a todas las bacterias vegetativas, virus, y, a mayores concentraciones, esporas bacterianas, levaduras y mohos.⁴⁵

La principal ventaja de los productos clorados es su bajo costo y que poseen un amplio rango de actuación frente a los microorganismos. Son eficaces a baja temperatura y, generalmente, no tienen actividad residual y su principal desventaja es su inestabilidad, tanto frente a las condiciones ambientales (luz y calor) como en presencia de materia orgánica, inconvenientes que se intenta minimizar en los formulados desinfectantes.

Agua electrolizada ácida, posee la forma biocida más eficaz, el ácido hipocloroso (HOCl), necesita la adición de un átomo de hidrógeno (H) que toma del agua. Para preservar su eficacia biocida es necesario mantener las superficies húmedas, pues a medida que estas se secan, el agua desaparece, y la reacción se desplaza hacia la forma menos eficaz (OCl^-). Por ello, es necesario conservar las superficies húmedas durante el tiempo de contacto previsto para lograr la máxima

⁴⁵ Cloración. Mecanismo de Acción del Cloro. [Disponible en]: http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/curso/uni_06/u6c4s2.htm [Consultado en]: Agosto 16 de 2015.

eficacia biocida y esporicida, en caso contrario no se producirán más que vapores de cloro, sin el efecto desinfectante deseado.

La degradación oxidativa por el ácido hipocloroso ha sido examinada bajo condiciones de reacción similares a los encontrados en los fagosomas activos, las Proteínas son desnaturalizadas con extrema rapidez, seguido en orden decreciente por fcarotenos, nucleótidos, hemoproteínas y las enzimas que contiene moléculas de cisteína, se inactivan con eficacia. Otros compuestos, incluyendo glucosaminas, riboflavina, y, a excepción de fosfolípidos, no son reactivos, por tanto la ocurrencia de estas reacciones celulares implica al ácido hipocloroso como principal microbicida en los leucocitos que contiene mieloperoxidasa; la acción bactericida se debe principalmente a la pérdida de energía, debido a la destrucción de las cadenas de transporte de electrones y nucleótidos.⁴⁶

El ácido hipocloroso (HOCl): es el agente activo del agua electrolizada, se clasifica dentro de un grupo de pequeñas moléculas conocidas como especies reactivas del oxígeno (ROS) sintetizadas por células del sistema inmune (Neutrófilos y Macrófagos) durante un proceso inmunológico conocido como "estallido respiratorio", durante la fagocitosis de antígenos en reacción con la enzima mieloperoxidasa, peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y un ion de cloro. Funciona como una sustancia quimiotáctica que permite un excelente control microbiano y activación del sistema de defensa que facilita la rápida e inocua reparación de tejidos.⁴⁷

⁴⁶ ALBRICH, J. Michael; McCARTHY, Carol A.; HURST, James K. Reactividad Biológica del Ácido Hipocloroso: Implicaciones Para los Mecanismos Microbicidas de la Mieloperoxidasa de Leucocitos (bactericida / oxidación biológica / neutrófilos / respiración / toxina). Departamento of Chemistry y Ciencias Bioquímicas, Oregon Graduate Center, de Portland, Oregon 97006. Comunicado por Henry Taube, 06 de octubre 1980. En: Biological Reactivity of Hypochlorous Acid: Implications for Microbicidal Mechanisms of Leukocyte Myeloperoxidase. Proc. Natl Acad. Sci. EE.UU. Vol. 78, No. 1, pp. 210-214, 01 1981 bioquímica.

⁴⁷ HUNG. Op. Cit. 2007.

Elimina patógenos causantes de infección y tiene unas ventajas sobre el hipoclorito de sodio (NaOCl) y peróxido de Hidrogeno ($H_2 O_2$), en que dentro de su intervalo de concentración presenta efectividad antimicrobiana, es no irritante, no sensibilizante y presenta baja toxicidad en tejidos biológicos.

El agua electrolizada ácida con concentración baja de NaCl, posee actividad bactericida contra esporas de *Bacillus subtilis* e inhibe el crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa*, por la inactivación de enzimas citoplasmáticas, ruptura de membrana externa.⁴⁸

Cuando actúan sobre las bacterias y los microorganismos eucariotas cualquier agente oxidante como el ácido hipocloroso debe atravesar la membrana citoplasmática que es de naturaleza fosfolipídica y oxidar enzimas que contengan grupos sulfhidrilos (-SH). (McKENNA et al.1988). Las moléculas no polares, se disuelven mejor en las membranas que las polares, de esta manera, tendrán mayor poder bactericida el ácido hipocloroso que el ion hipoclorito.

La capacidad de desinfección mejora al aumentar la temperatura, aunque el cloro es más inestable a altas temperaturas, la ventaja del ácido hipocloroso es que se disocia más rápidamente, pero la desventaja del ácido hipocloroso es el cuidado que se debe tener con el tipo de envase donde se distribuye porque debe ser de color ámbar que impida el ingreso de la luz, así como la estabilidad comercial es más corta, ya que se recomienda usar una vez se produce.

⁴⁸ HIROMASA, Kiura; KOUICHI, Sano; SHINICHI, Morimatsu; TAKASHI, Nakano; CHIZUKO, Morita; MASAKI, Yamaguchi; TOYOYUKI, Maeda; YOJI, Katsuoka. Bactericidal Activity of Electrolyzed Acid Water From Solution Containing Sodium Chloride at Low Concentration, in Comparison With That at High Concentration. Department of Microbiology, Osaka Medical College, Takatsuki, Osaka 569-8686, Japan. Department of Urology, Osaka Medical College, Takatsuki, Osaka 569-8686, Japan. Department of Medical Instruments, Kaigen Co., Ltd., Osaka 541-0045, Japan. Received 20 August 2001; received in revised form 15 November 2001; accepted 13 December 2001. Journal of Microbiological Methods 49 (2002) 285–293.

5. DISEÑO METODOLOGICO

El tipo de estudio fue experimental consistió en la evaluación del desinfectante agua electrolizada a 50 ppm de cloro residual e hipoclorito de sodio a 200 ppm de Cloro residual, en la zona de eviscerado de la Avícola El Madroño, de un área de 120 m³ a fin de determinar el efecto microbicida de aerobios totales, mohos y levaduras durante exposición por quince (15) minutos de los desinfectantes, en tres (3) tiempos antes de la aplicación del desinfectante, y dos tiempos (8 minutos y 4 horas) después de la aplicación del desinfectante, utilizando para la evaluación medios de cultivo específicos por grupos de microorganismos, por triplicado durante tres (3) días (lunes, martes y miércoles) y en tres (3) distintos meses (septiembre, octubre y noviembre de 2014).

En resumen, el diseño consistió en un análisis de significancia estadística de un solo factor, donde el factor es el uso de un tipo u otro de desinfectante tomando como variable de respuesta el efecto microbicida sobre dos (2) poblaciones características aerobios totales, mohos y levaduras, el estudio de significancia se hizo mediante un análisis de varianza Anova.

5.1 PRODUCCIÓN DEL AGUA ELECTROLIZADA

El agua electrolizada ácida, con su agente activo ácido hipocloroso, utilizada en el estudio fue generada por un equipo ROX-10WB-E (Ver Anexo A), que se encuentra ubicado en el Laboratorio de Investigación de Biotecnología-LIIBAAM de la Universidad de Santander con sede en Bucaramanga.

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN MADRE

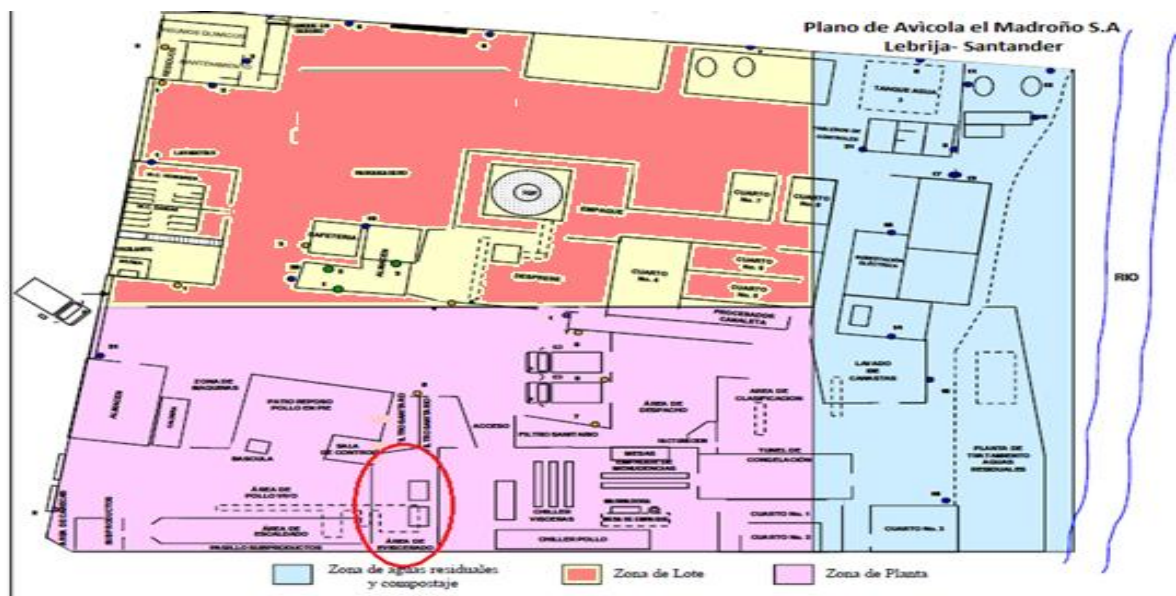
Se obtuvo por la electrolisis de una solución de NaCl a 260.000 ppm, con 300 ppm de Cloro residual, en un tiempo de generación de veinte (20) minutos.

5.3 SOLUCIÓN DE TRABAJO

Se preparó una solución en un volumen de 50 ppm de Cloro residual a partir de la solución madre, con pH 3,2, flujo de 1.3 l/m y ORP de 675 mV.

5.4 ÁREA DE ESTUDIO

Figura 6. Plano de Avícola El Madroño S.A., con las dimensiones del Área de Eviscerado objeto de estudio



Las medidas del área de eviscerado son:
10 m largo X 4 m ancho X 3 m alto = 120 m³

Fuente: MANTILLA, Oscar. Programa Planta de Beneficio Avícola El Madroño S.A. Lebrija, Santander, Colombia. 2013.

El área de estudio fue de 120 m³ que conformaban el Área de Eviscerado de la Planta de Beneficio de la empresa Avícola El Madroño S.A., ubicada en Lebrija, Santander (se escogió este lugar por ser el de mayor contaminación por la alta carga orgánica que se maneja debido a la extracción de vísceras comestibles y no comestibles). (Ver Figura 6)

5.5 FORMA DE APLICACIÓN

Para la utilización del agua electrolizada ácida, este se aplicó en forma de nebulización utilizando un volumen total de 4,2 litros en un área de 120 m³ (35 mL/m³), según lo indicado por Watson (2006).⁴⁹

Se realizó colocando el recipiente con el agua electrolizada ácida a la manguera de absorción de la pistola marca ECRTC, con punta de aspersión de 3000 psi, tamaño de partícula de 0,1um y la otra manguera de la pistola se conecta al aire comprimido ubicado dentro del área.

Se presionó la pistola, adicionando el agua electrolizada por nebulización en forma de niebla fina de aerosol como abanico hacia el techo del área, realizando movimientos en zigzag, teniendo precaución de adicionar en toda el área. (Ver Figura 7)

⁴⁹ WATSON, Ryan. La Tecnología de Agua Electrolizada de SANYO Demuestra su Eficacia Contra el Virus de la Gripe Aviar. En: Notice PR Newswire News Briefs Tottory University. Tokio. Mayo 15 de 2006, Pp. 1.

Figura 7. Aplicación del agua electrolizada (AE) en el área



Fuente: Avícola El Madroño S.A. 2014.

5.6 SITIOS DE UBICACIÓN DEL MUESTREO

Los sitios de la toma de muestra se determinaron como norte, centro y sur del Área Total de Eviscerado, dividiendo con líneas imaginarias, el área en tres (3) partes iguales. (Ver Figura 8)

Figura 8. Sitios de ubicación de muestreo microbiológico



Fuente: Avícola El Madroño S.A. 2014.

5.7. TIEMPOS DE MUESTREO MICROBIOLÓGICO

Para evaluar la efectividad del agua electrolizada (Ácido Hipocloroso), se consideraron tres (3) momentos establecidos así: antes del proceso o tiempo cero, después de aplicada el agua sobre el ambiente de eviscerado al tiempo cuatro (4) horas de proceso y de aplicado el desinfectante.

Este procedimiento se repitió periódicamente por tres (3) días (lunes, martes y miércoles) y en tres (3) distintos meses (septiembre, octubre y noviembre de 2014).

5.7.1 Muestreos.

- **Muestreo No. 1:** se consideró la hora cero, como la hora de inicio, o sea, antes de la aplicación del agua electrolizada.
- **Muestra No. 2:** después de finalizada la aplicación del agua electrolizada por aspersión. A los ocho (8) minutos de aplicación.
- **Muestra No. 3:** cuatro (4) horas después de aplicada la aspersión con agua electrolizada.

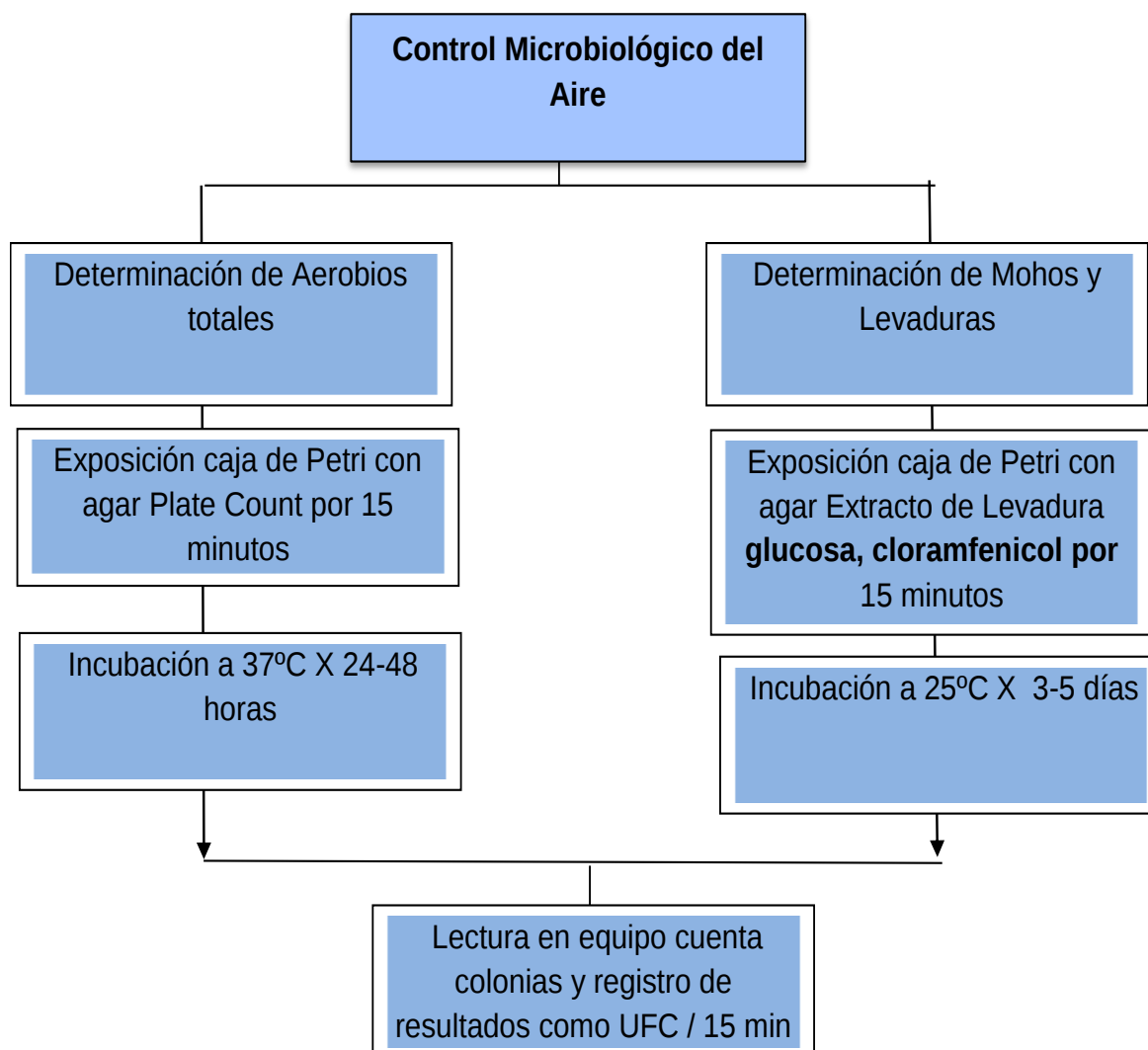
Los análisis microbiológicos consistieron en el recuento de mohos, levaduras y mesófilos totales. En todos los casos, se considerarán tres (3) réplicas para cada muestreo.

5.8. EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA

5.8.1 Muestreo. Para el muestreo se tuvo en cuenta el método de exposición por cajas propuesto por la Norma Técnica Colombiana NTC 4092, para microorganismos mesófilos, mohos y levaduras que se muestrean en tres juegos de cajas de Petri de 60 x 15 mm, con 15 a 20 ml de medio de cultivo *Plate count*, para aerobios mesófilos y medio de cultivo YGC de Merck, extracto de levadura, glucosa, cloramfenicol, para mohos y levaduras. El tiempo de exposición que se empleó, fue de quince (15) minutos; pasado este tiempo se cerraron, se marcaron y se enviaron al laboratorio para su incubación a 37°C para Aerobios mesófilos durante veinticuatro (24) horas. Para mohos y levaduras la temperatura fue de 25°C durante cinco (5) días, los resultados fueron analizados mediante recuento en placa por UFC/min exposición.

A continuación, se presenta la metodología que se tuvo en cuenta para el control microbiológico del ambiente que se realizó en el Área de Eviscerado de la empresa:

Figura 9. Control microbiológico de ambiente



Fuente: HERNÁNDEZ, Esperanza. Manual de Muestreo. Avícola El Madroño S.A., Lebrija-Santander, Colombia. 2013.

5.9. COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE DESINFECCIÓN DEL AGUA ELECTROLIZADA VS. HIPOCLORITO DE SODIO

Los resultados microbiológicos (carga microbiana, aerobios totales, mohos y levaduras), obtenido antes del proceso y después de la aplicación del tratamiento con agua electrolizada fueron evaluados mediante la comparación del análisis estadístico de comparación de medias Anova, obtenidas de la aplicación del software Minitab (versión 17.2.1.0, PA, USA). Los resultados obtenidos de los ensayos, fueron expresados como UFC y representados como Log_{10} , para los diferentes tiempos de aplicación del Agua Electrolizada por el sistema de aspersión y comparados con resultados similares en unidades e iguales tiempos de contacto con hipoclorito de sodio en la empresa durante los meses septiembre, octubre y noviembre del año 2014; se consideraron igual número de datos obtenidos por los dos (2) métodos ($n=162$).

5.9.1. Hipótesis.

5.9.1.1 Hipótesis Nula. El agua electrolizada ácida con 50 ppm de cloro residual, actúa con mayor efecto microbicida que el hipoclorito de sodio con 200 ppm de cloro residual.

5.9.1.2 Hipótesis Alterna. El uso del hipoclorito de sodio con 200 ppm de cloro residual posee mayor efecto microbicida que el agua electrolizada ácida con 50 ppm de cloro residual.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se evaluaron por el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) llevados a Log_{10} , en los tiempos de exposición establecidos para cada grupo microbiano considerado en este trabajo. El recuento se realizó con un equipo cuenta colonias de marca *Boeco Germany CC1*.

Cuando el conteo de microorganismos estuvo por encima de 100 unidades formadoras de colonias (UFC), se consideró el valor en 1/8 de la caja de Petri y se realizó el ajuste matemático respectivo.

Para observar la efectividad del uso del agua electrolizada, según el tiempo de contacto, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en las muestras del tiempo cero sin desinfectante, al tiempo 2 con la aplicación del desinfectante y al tiempo 3, cuatro (4) horas de proceso después de haber aplicado el desinfectante. Para evaluar los resultados, se consideró la norma interna de la Avícola ya que no existe normatividad legal vigente en Colombia, para control de ambientes en Plantas de Alimentos.

Los resultados obtenidos de los muestreos microbiológicos en los tres (3) tiempos de exposición se resumen a continuación:

Tabla 1. Resultados en LOG₁₀ UFC/min exposición de aerobios totales, presentes en el Área de Eviscerado, para cada uno de los desinfectantes empleados

TIEMPOS DE MUESTRAS	AGUA ELECTROLIZADA PARA AEROBIOS TOTALES/ UFC/ Min exposiciòn						HIPOCLORITO DE SODIO PARA AEROBIOS TOTALES/ UFC/ min Exposiciòn					
	se aceptan maximo 30 UFC ò 1,47712 (log10)						se aceptan maximo 30 UFC ò 1,47712 (log10)					
	UFC	Log 10	UFC	Log 10	UFC	Log 10	UFC	Log 10	UFC	Log 10	UFC	Log 10
MES 1	antes		8 minutos		4 horas		antes		8 minutos		4 horas	
DIA 1	197	2,29447	4	0,60206	30	1,47712	79	1,89763	9	0,95424	25	1,39794
	49	1,69020	4	0,60206	28	1,44716	85	1,92942	10	1,00000	31	1,49136
	41	1,61278	7	0,84510	25	1,39794	75	1,87506	8	0,90309	28	1,44716
DIA 2	32	1,50515	11	1,04139	33	1,51851	86	1,93450	7	0,84510	27	1,43136
	30	1,47712	6	0,77815	27	1,43136	91	1,95904	5	0,69897	27	1,43136
	22	1,34242	6	0,77815	25	1,39794	66	1,81954	5	0,69897	26	1,41497
DIA 3	170	2,23045	7	0,84510	25	1,39794	43	1,63347	4	0,60206	25	1,39794
	87	1,93952	5	0,69897	23	1,36173	78	1,89209	6	0,77815	28	1,44716
	65	1,81291	7	0,84510	22	1,34242	89	1,94339	7	0,84510	30	1,47712
MES 2	antes		8 minutos		4 horas		antes		8 minutos		4 horas	
DIA 1	76	1,88081	7	0,84510	28	1,44716	76	1,88081	7	0,84510	24	1,38021
	95	1,97772	6	0,77815	29	1,46240	68	1,83251	8	0,90309	26	1,41497
	88	1,94448	5	0,69897	25	1,39794	88	1,94448	6	0,77815	27	1,43136
DIA 2	74	1,86923	4	0,60206	22	1,34242	56	1,74819	5	0,69897	28	1,44716
	55	1,74036	5	0,69897	21	1,32222	76	1,88081	7	0,84510	30	1,47712
	79	1,89763	6	0,77815	23	1,36173	89	1,94339	5	0,69897	28	1,44716
DIA 3	86	1,93450	3	0,47712	26	1,41497	91	1,95904	5	0,69897	28	1,44716
	79	1,89763	7	0,84510	26	1,41497	90	1,95424	8	0,90309	27	1,43136
	44	1,64345	8	0,90309	28	1,44716	55	1,74036	7	0,84510	25	1,39794
MES 3	antes		8 minutos		4 horas		antes		8 minutos		4 horas	
DIA 1	81	1,90849	10	1	31	1,49136	87	1,93952	10	1	28	1,44716
	77	1,88649	7	0,84510	27	1,43136	62	1,79239	11	1,04139	31	1,49136
	65	1,81291	8	0,90309	26	1,41497	88	1,94448	5	0,69897	27	1,43136
DIA 2	74	1,86923	9	0,95424	28	1,44716	75	1,87506	9	0,95424	27	1,43136
	65	1,81291	7	0,84510	26	1,41497	76	1,88081	5	0,69897	27	1,43136
	71	1,85126	6	0,77815	25	1,39794	94	1,97313	8	0,90309	31	1,49136
DIA 3	90	1,95424	5	0,69897	23	1,36173	76	1,88081	10	1	30	1,47712
	80	1,90309	6	0,77815	22	1,34242	87	1,93952	9	0,95424	31	1,49136
	83	1,91908	8	0,90309	28	1,44716	90	1,95424	9	0,95424	25	1,39794

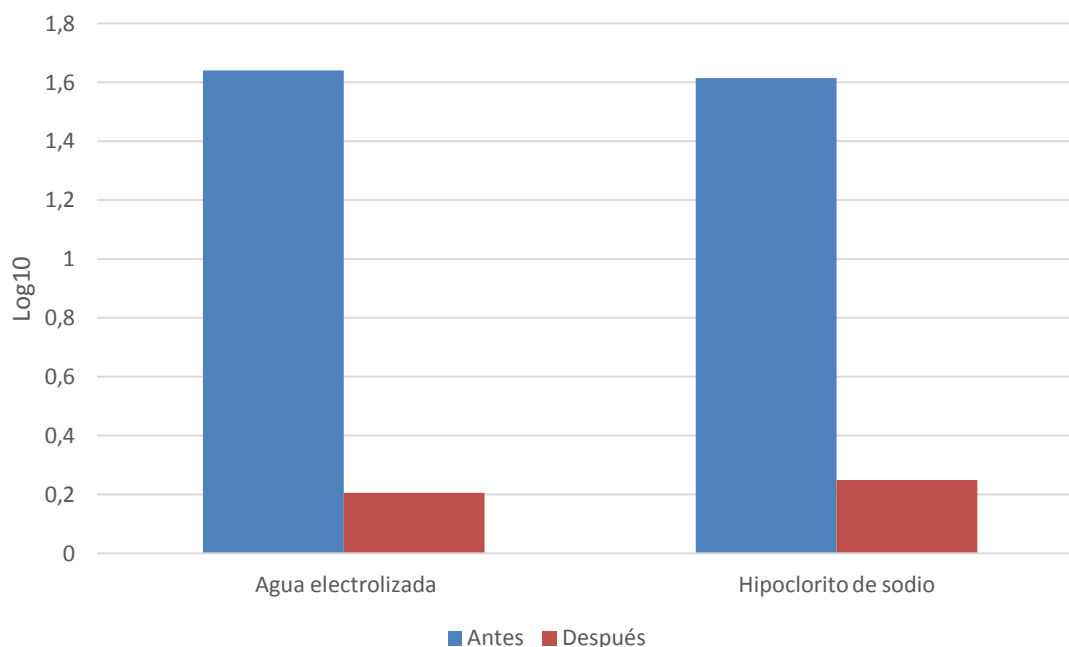
Según la Tabla 1 de conteo de microorganismos en logaritmo base10, se muestran los resultados obtenidos de la carga microbiana obtenida en el ambiente de eviscerado de microorganismos aerobios totales. En el tiempo de exposición se puede verificar que la carga microbiana de aerobios totales menor a 30 UFC ó $1,47712 \text{ Log}_{10}$, según la normatividad empleada en Avícola El Madroño S.A., se encontraron fuera del rango de aceptación 27 muestras con la aplicación de agua electrolizada y 27 muestras fuera del rango con la aplicación de hipoclorito de sodio, en los tiempos cero sin desinfectante, mientras que a los ocho (8) minutos de aplicación de los dos (2) desinfectantes no se hallaron muestras por fuera del rango de aceptabilidad; sin embargo, a las cuatro (4) horas de empleo del agua electrolizada y seguir operando en esta área se encontró tres (3) muestras fuera del rango de aceptabilidad y siete (7) muestras fuera del rango de aceptabilidad con el empleo de hipoclorito de sodio, lo cual inmediatamente sugiere recomendar emplear una nueva desinfección en este tiempo del proceso para bajar la carga microbiana generada.

En la Tabla 2 de conteo de microorganismos en logaritmo base₁₀, donde se analizó el comportamiento de la carga microbiana en el ambiente, Mohos y levaduras en el tiempo de exposición se puede verificar que la carga microbiana de aerobios totales menor a 20 UFC ó $1,30103 \text{ Log}_{10}$, según la normatividad empleada en Avícola El Madroño S.A., se encontraron fuera del rango de aceptación 27 muestras con la aplicación de Agua Electrolizada en los tiempos cero sin desinfectante, mientras que en los tiempos, ocho (8) minutos de aplicación no se hallaron muestras fuera del rango de aceptabilidad, como tampoco se hallaron muestras fuera del rango a las cuatro (4) horas de empleo del agua electrolizada.

Tabla 2. Resultados en LOG₁₀ UFC/min exposición de mohos y levaduras, presentes en el Área de Eviscerado, para cada uno de los desinfectantes empleados

TIEMPOS DE MUESTRAS	AGUA ELECTROLIZADA PARA MOHOS Y LEYAD/ UFC/ Min exposiciòn						HIPOCLORITO DE SODIO PARA MOHOS Y LEYAD/ UFC/ min Exposiciòn					
	acepta max 20 UFC ò 1,30103 (log10)						acepta max 20 UFC ò 1,30103 (log10)					
	UFC	log10	UFC	Log 10	UFC	log 10	UFC	log10	UFC	log10	UFC	Log 10
MES 1	antes		8 minutos		4 horas		antes		8 minutos		4 horas	
DIA 1	121	2,08279	1	0	6	0,77815	28	1,44716	1	0	8	0,90309
	41	1,61278	2	0,30103	4	0,60206	82	1,91381	3	0,47712	5	0,69897
	22	1,34242	2	0,30103	3	0,47712	74	1,86923	1	0	7	0,84510
DIA 2	15	1,17609	1	0	4	0,60206	65	1,81291	3	0,47712	9	0,95424
	37	1,56820	2	0,30103	6	0,77815	55	1,74036	5	0,69897	7	0,84510
	30	1,47712	2	0,30103	10	1,00000	47	1,67210	2	0,30103	6	0,77815
DIA 3	125	2,09691	1	0	6	0,77815	70	1,84510	1	0	12	1,07918
	25	1,39794	2	0,30103	6	0,77815	34	1,53148	2	0,30103	8	0,90309
	43	1,63347	1	0	4	0,60206	30	1,47712	1	0	6	0,77815
MES 2	antes		8 minutos		4 horas		antes		8 minutos		4 horas	
DIA 1	65	1,81291	3	0,47712	7	0,84510	37	1,56820	1	0	9	0,95424
	43	1,63347	3	0,47712	8	0,90309	64	1,80618	3	0,47712	5	0,69897
	37	1,56820	2	0,30103	6	0,77815	56	1,74819	5	0,69897	6	0,77815
DIA 2	64	1,80618	2	0,30103	4	0,60206	66	1,81954	1	0	8	0,90309
	65	1,81291	1	0	4	0,60206	45	1,65321	3	0,47712	7	0,84510
	53	1,72428	1	0	6	0,77815	33	1,51851	2	0,30103	16	1,20412
DIA 3	48	1,68124	2	0,30103	3	0,47712	28	1,44716	1	0	9	0,95424
	20	1,30103	1	0	7	0,84510	28	1,44716	1	0	6	0,77815
	38	1,57978	1	0	6	0,77815	13	1,11394	3	0,47712	5	0,69897
MES 3	antes		8 minutos		4 horas		antes		8 minutos		4 horas	
DIA 1	44	1,64345	1	0	6	0,77815	28	1,44716	1	0	4	0,60206
	53	1,72428	2	0,30103	7	0,84510	35	1,54407	1	0	7	0,84510
	45	1,65321	2	0,30103	8	0,90309	42	1,62325	3	0,47712	6	0,77815
DIA 2	23	1,36173	1	0	7	0,84510	53	1,72428	1	0	5	0,69897
	65	1,81291	4	0,60206	7	0,84510	53	1,72428	3	0,47712	8	0,90309
	48	1,68124	1	0	10	1,00000	49	1,69020	3	0,47712	4	0,60206
DIA 3	56	1,74819	2	0,30103	4	0,60206	30	1,47712	1	0	7	0,84510
	66	1,81954	1	0	8	0,90309	28	1,44716	4	0,60206	7	0,84510
	37	1,56820	5	0,69897	7	0,84510	33	1,51851	1	0	8	0,90309

Gráfica 1. Porcentajes de efectividad microbiológica mohos y levaduras



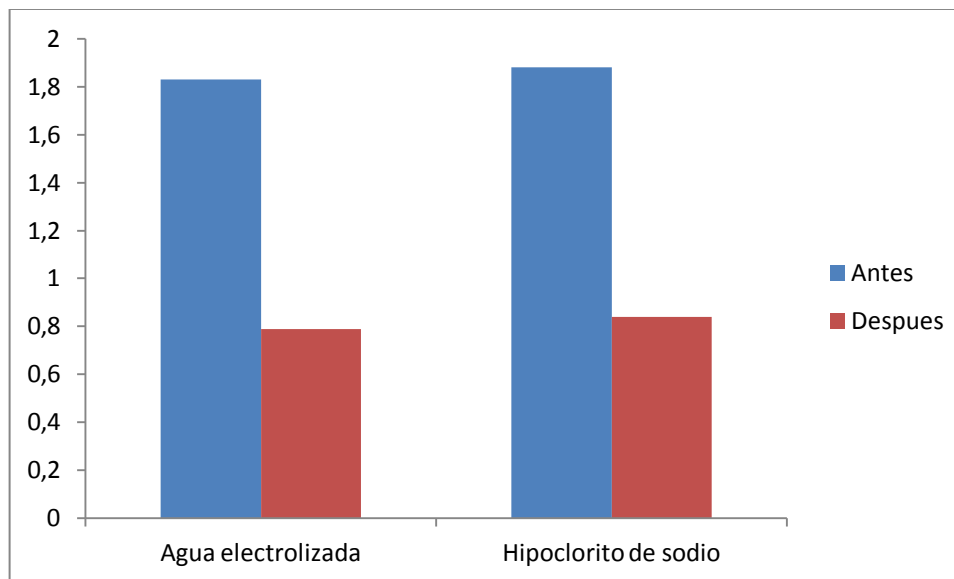
* Reducción logarítmica de mohos y levaduras con Agua Electrolizada (AE) e Hipoclorito de Sodio.

	Porcentaje microbicida (%)
Agua Electrolizada	87,44
Hipoclorito de Sodio	84,59

La Gráfica 1 muestra la efectividad del uso de los dos (2) desinfectantes: Agua Electrolizada (izquierda) e Hipoclorito de Sodio (derecha). Como se muestra en el diagrama de la izquierda que con el empleo del agua electrolizada ácida, se presentó una disminución de 1,44 UL (Unidades Logarítmicas), después del uso como medio de desinfección, al pasar de 1,64 UL, antes de su uso a 0,20 UL, después de ser utilizada, lo que demostró un alto poder microbicida de mohos y levadura, ya que la reducción es significativa con un porcentaje de efectividad de 87,44%. Al igual, se muestra en el diagrama de la derecha que con el uso del

Hipoclorito de Sodio, el efecto microbicida de mohos y levaduras es, también, significativo al reducirse de 1,37 UL al pasar de 1,61 UL, antes de su uso a 0,24 UL, después de su aplicación con un porcentaje microbicida de 84,59%.

Gráfica 2. Porcentaje de efectividad microbiológica aerobios totales



* Reducción logarítmica de mohos y levaduras con Agua Electrolizada (AE) e Hipoclorito de Sodio.

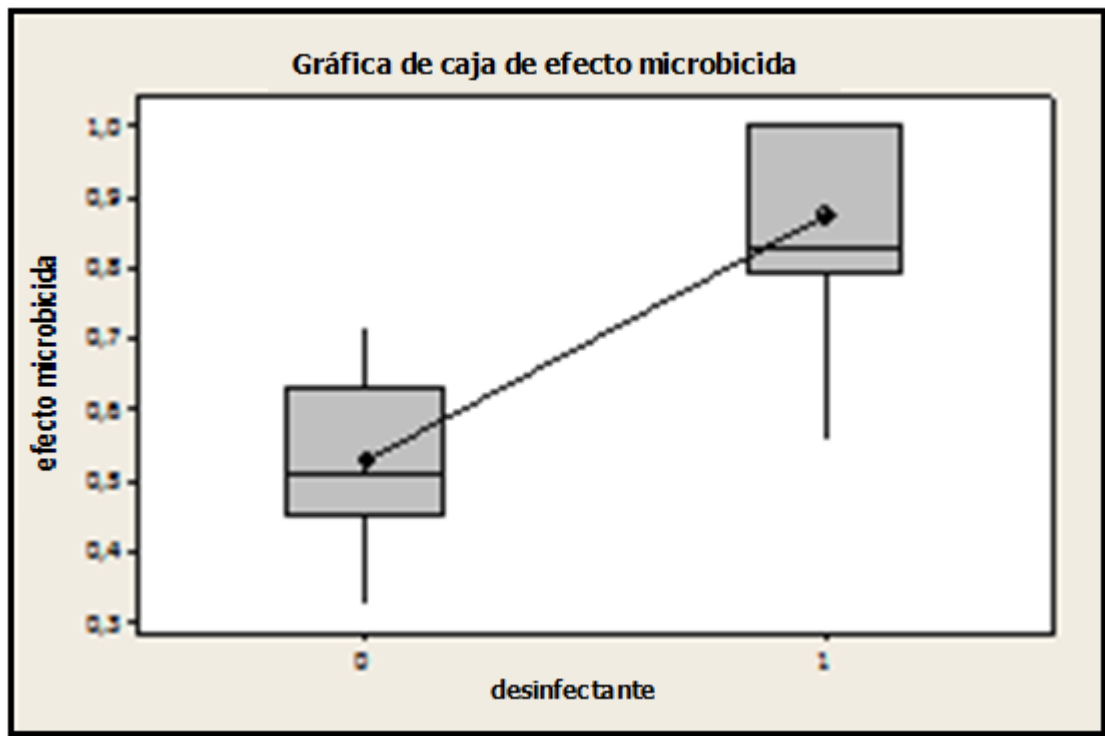
	Porcentaje microbicida (%)
Agua Electrolizada	56,92
Hipoclorito de Sodio	55,36

La Gráfica 2 demostró la efectividad del uso de agua electrolizada e hipoclorito de sodio, en la eliminación de aerobios totales. El diagrama de la izquierda demostró una reducción de 1,04 UL (Unidades Logarítmicas), al pasar de 1,83 UL, antes de la desinfección del ambiente con agua electrolizada ácida a 0,79 UL, después de su uso como medio de desinfección con un porcentaje del efecto microbicida para aerobios totales de 56,92%. A su vez, el diagrama de la derecha muestra el efecto

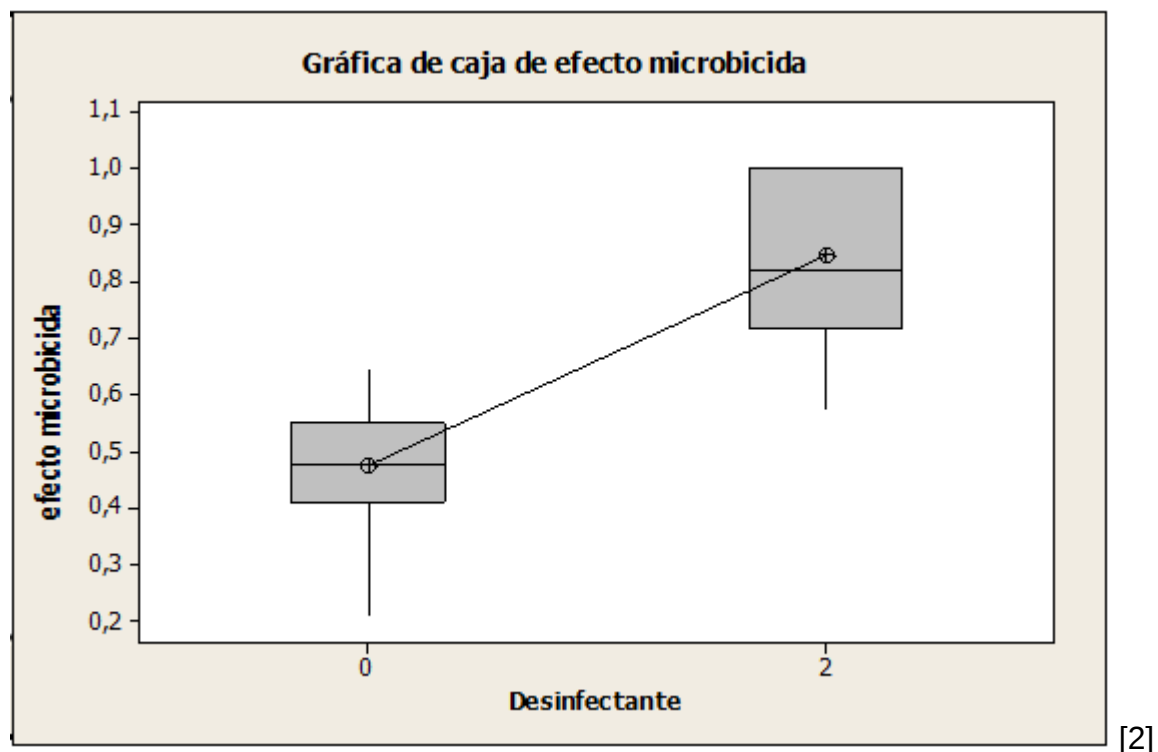
del uso del hipoclorito de sodio con una disminución de 1,04 UL al pasar de 1,88 UL, antes de su uso a 0,84 UL, después de ser usado con un porcentaje microbicida para aerobios mesófilos totales de 55,36%.

Lo anterior, permite corroborar los resultados obtenidos en el estudio realizado por Carrascal (2004), quien demostró una reducción significativa para el recuento de aerobios mesófilos en lechugas contaminadas, luego del tratamiento con agua electrolizada (AE).

Gráfica 3. Efecto microbicida para mohos y levaduras



[1]



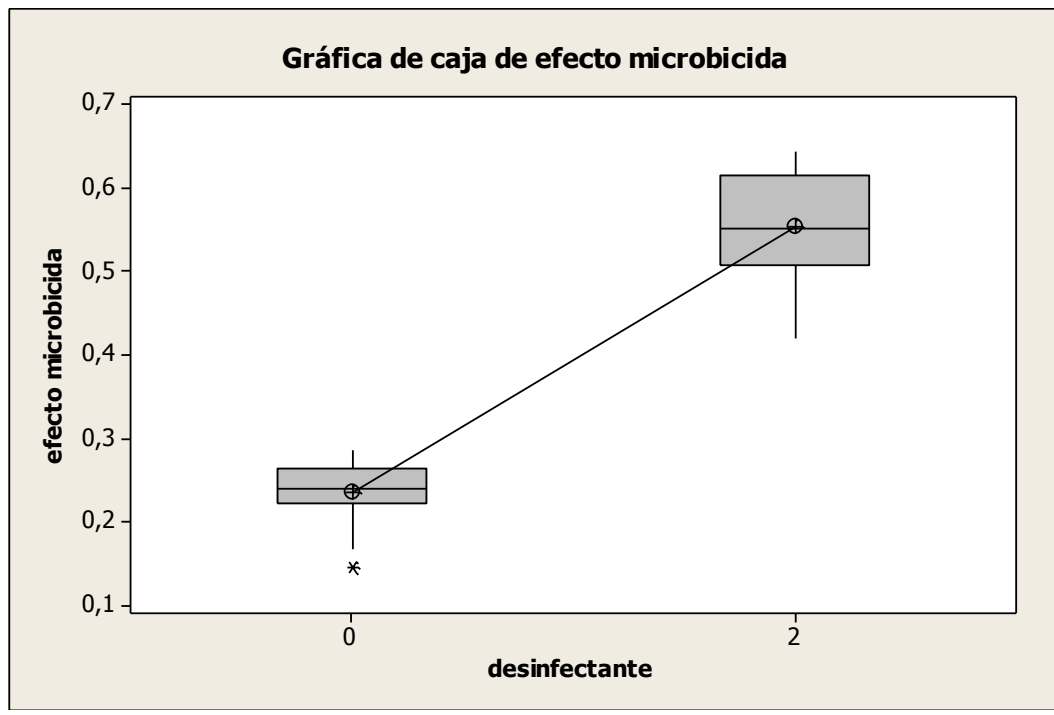
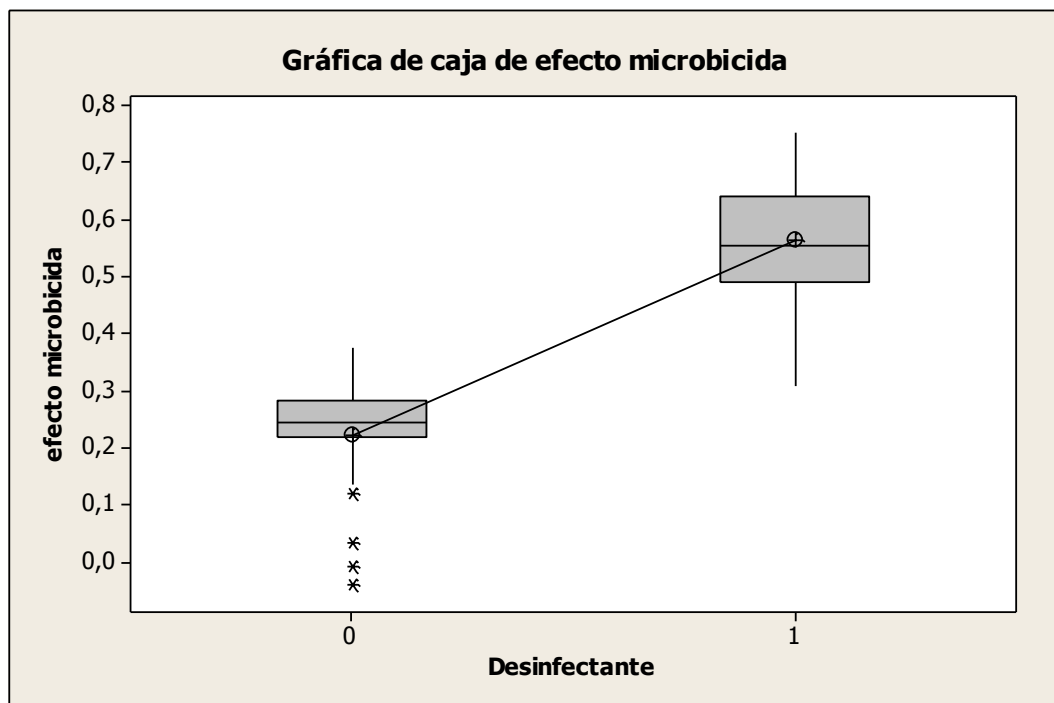
* Porcentaje microbicida para mohos y levaduras entre el uso y no uso del desinfectante Agua Electrolizada [1] e Hipoclorito de Sodio [2].

En la Gráfica 3 de ANOVA se analizó las significancias estadísticas entre no usar desinfectante (0) y usar el agua electrolizada [1] e hipoclorito de sodio [2], como desinfectante, tomando los 27 puntos de muestreo en su totalidad. El valor p da 0,9 es decir mayor a 0,05 lo que permite concluir que se acepta la hipótesis nula que indica que el agua electrolizada ácida con 50 ppm de cloro residual, actúa con mayor efecto microbicida que el hipoclorito de sodio con 200 ppm de cloro residual.

Teniendo en cuenta que hay diferencias estadísticas entre usar desinfectante (agua electrolizada) ó (hipoclorito de sodio) y no usarlo con un porcentaje de confianza del 95%. Este resultado también se evidencia en el artículo de Zacharia (2011), donde la aplicación del agua electrolizada ácida redujo aerobios mesófilos en verduras por el uso de los dos (2) desinfectantes: agua electrolizada ácida e

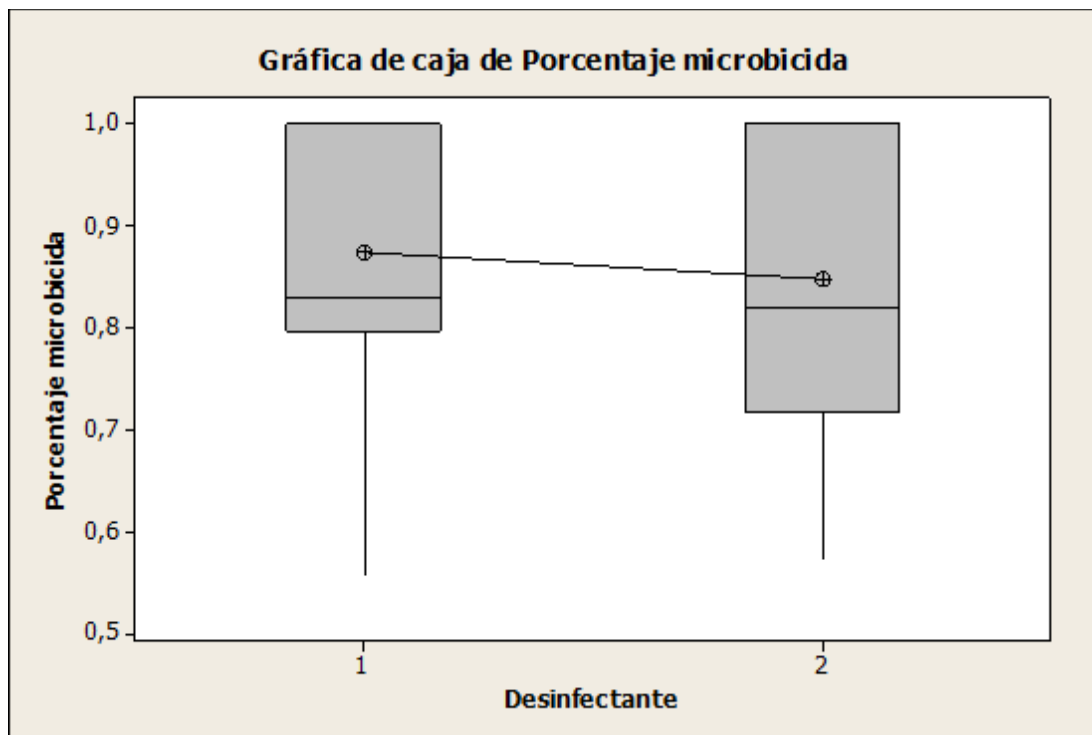
hipoclorito de sodio, sin mostrar diferencias significativas entre el uso del uno o del otro con un p mayor a 0,05.

Gráfica 4. Efecto microbicida para aerobios totales



En la Gráfica 4 se observó el efecto microbicida después de la aplicación de los desinfectantes agua electrolizada [1] e hipoclorito de sodio [2], lo que demostró una disminución de aerobios totales en el ambiente del Área de Eviscerado.

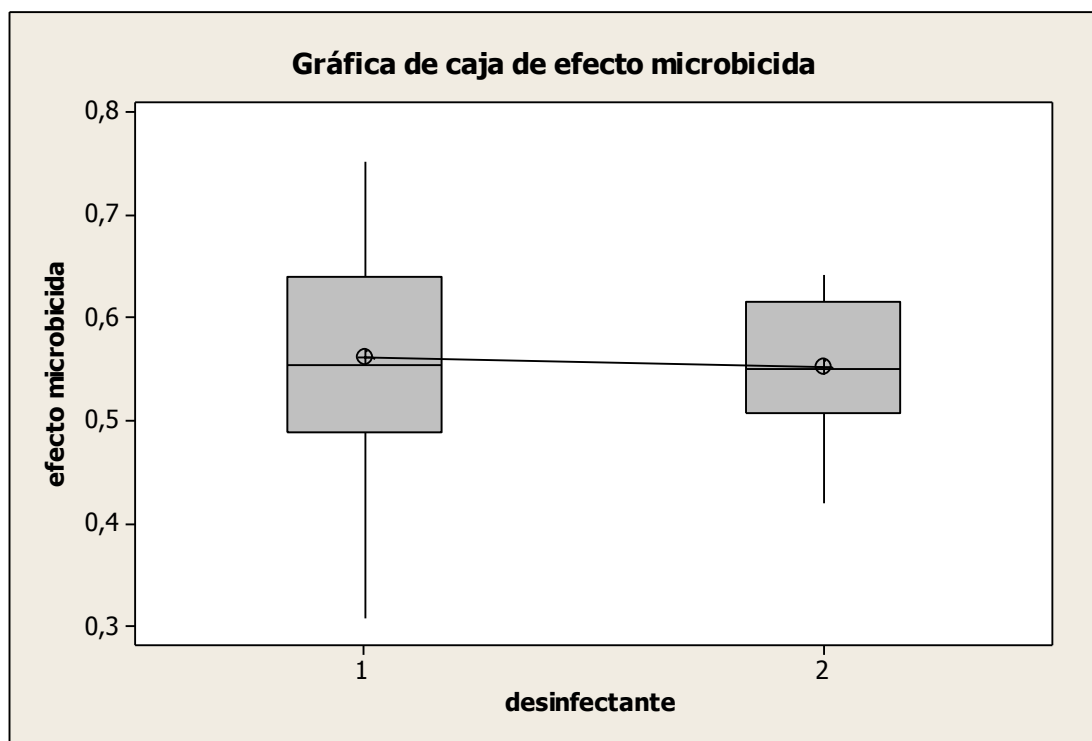
Gráfica 5. Comparación entre uso de desinfectantes y efecto microbicida para mohos y levaduras



* Efecto comparativo entre el uso de uno u otro desinfectante.

La Gráfica 5 reportó las significancias estadísticas de usar un tipo u otro de desinfectante. Este análisis se realiza a partir del valor p. Los niveles 1 corresponden a agua electrolizada y nivel 2 al hipoclorito de sodio, respectivamente. Como el valor p da mayor que 0,05 se acepta la hipótesis nula que determina que el agua electrolizada ácida con 50 ppm de cloro residual posee mayor efecto microbicida que el uso del hipoclorito de sodio con 200 ppm de cloro residual, empleando los 27 resultados para mohos y levaduras.

Gráfica 6. Comparación entre uso de desinfectantes y efecto microbida para aerobios totales



* Representaciones del efecto comparativo entre el uso de uno u otro desinfectante

Los resultados obtenidos con el agua electrolizada como se muestra en la Gráfica 6, al compararlos con los resultados obtenidos empleando el hipoclorito de sodio con 200 ppm de cloro residual en los mismos tiempos permite verificar la efectividad del agua electrolizada con 50 ppm de cloro residual, por medio de la disminución de la carga microbiológica tanto para aerobios totales como para mohos y levaduras, siendo más eficiente en la eliminación de éstos.

La efectividad del ácido hipocloroso como desinfectante encontrada en este trabajo, es soportada por varios trabajos en la literatura científica, y su inocuidad ha sido reportada por Kunawarote⁵⁰, señalando que el HOCl tiene ventajas sobre

⁵⁰ KUNAWAROTE, S.; NAKAJIMA, M.; SHIDA, K.; KITASAKO, Y.; FOXTON, R.M.; TAGAMI, J. Effect of Dentin Pretreatment with Mild Acidic HOCl Solution on Microtensile Bond Strength and Surface pH. J. Dent. 2010; 38: 261-268.

otros desinfectantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), y estas hacen referencia en que dentro de su rango de concentración antimicrobiana efectiva, es no irritante, no sensibilizante y la citotoxicidad a células de mamíferos es muy bajo.

Los resultados obtenidos en este trabajo, estarían también correlacionados con el pH ácido al cual se generó el agua electrolizada. El pH es un factor importante, pues determina la proporción de HOCl en una solución, en este trabajo el pH utilizado fue de 3,2. De acuerdo a *Shi Li-ke*, (2009) la especie predominante entre pH 3-6 es HOCl , a este pH, la concentración de HOCl es óptimo y su disociación es mínima. A pH alto se forma el ión OCl^- , mientras a pH muy bajos, la solución existe como una mezcla de cloro (Cl_2) y HOCl en solución.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que es mejor utilizar agua electrolizada, ácido hipocloroso (HOCL) a 50 ppm de cloro residual, que utilizar hipoclorito de sodio (NaOCL) a 200 ppm de cloro residual, porque se obtienen resultados similarmente comparables en su efecto desinfectante.

Los dos desinfectantes mostraron alta efectividad, especialmente para el grupo de mohos y levaduras, demostrando así su poder anti fúngico. Con el empleo del Agua Electrolizada ácida se presentó una disminución de 1,44 UL (Unidades Logarítmicas), la reducción fue significativa con un porcentaje del 87,44%. Igual se demostró que con el uso del hipoclorito de sodio, el efecto anti fúngico fue también significativo al reducirse 1,37 UL, después de su aplicación correspondiendo a un porcentaje de efectividad del 84,59%, sin embargo se debe tener en cuenta el impacto ambiental debido a que el hipoclorito de sodio acarrea efectos colaterales por la generación de cloraminas y triclorometanos que pueden ser cancerígenos por su exposición a largo plazo.

La investigación, también, demostró la efectividad del uso de agua electrolizada e hipoclorito de sodio, en la eliminación de aerobios totales. Con el agua electrolizada se obtuvieron reducciones de 1,04 UL, con un porcentaje del efecto microbici da para aerobios totales de 56,92%. El efecto del uso del hipoclorito de sodio en la eliminación de aerobios totales también fue importante con una disminución de 1,04 UL, al pasar de 1,88 UL antes de su uso a 0,84 UL, con un porcentaje microbici da para *aerobios mesófilos* totales del 55,36%, se permite resaltar que el agua electrolizada con su agente oxidante ácido hipocloroso es más efectivo en su acción microbici da que el hipoclorito de sodio (ion hipoclorito) por que atraviesa la membrana plasmática, que es de naturaleza fosfolipídica y oxida las enzimas respiratorias que contienen grupo sulfhidrilo.

El uso de agua electrolizada ácida obtenida por la electrolisis y empleada en concentraciones de 50 ppm de cloro residual, hace de este desinfectante una alternativa novedosa, amigable con el medio ambiente y sin riesgo biológico para los operarios que laboran en el área desinfectada, puesto que el actual desinfectante empleado en Avícola el Madroño, hipoclorito de sodio se dispersa a 200 ppm de cloro residual siendo más contaminante, causando un impacto ambiental en la hidrosfera al ser arrastrado por las vertientes de las aguas residuales de las fabricas hacia las quebradas y ríos aledaños, en la geósfera por la escorrentía de las agua residuales de las fábricas, hacia los suelos, en la Atmosfera porque el cloro es muy volátil y sus fotones llegan a la estratósfera causando daños en la capa de ozono, en la Biosfera la contaminación es el poder biocida y carcinogénico por la generación de cloraminas, en la Antropósfera causa irritación en las mucosas, reacciones alérgicas, quemaduras, afecciones respiratorias en los seres humanos.

El pH al cual se genere el HOCL es un factor importante para tener en cuenta pues determina la proporción de HOCL en una solución.

El HOCl es un agente antimicrobiano potente, tiene ventajas tales como la no toxicidad en tejidos biológico y a nivel ambiental es seguro su uso, sin embargo su estabilidad se ve afectada por el tiempo de almacenamiento.

Un beneficio adicional de aporte al medio ambiente es que el uso de la máquina productora de agua electrolizada, genera dos tipos de agua, la ácida que es la que se empleó para la desinfección del ambiente y la reducida que se podrá emplear para usarla como detergente en equipos, superficies y utensilios de las plantas avícolas o fábricas donde se emplee esta nueva tecnología, constituyéndose en un ciclo cerrado que no genera desechos al ambiente.

DIVULGACIÓN

Crear conciencia ambiental en los empresarios, para continuar estudios con productos desinfectantes, no convencionales y de bajo riesgo, como lo es este método de electrolisis salina, de bajo costo.

Igualmente, los resultados obtenidos con el uso del agua electrolizada ácida como medio de desinfección del ambiente del Área de Eviscerado de Avícola el Madroño S.A, demostraron que aunque su efectividad quedo probada, para este trabajo en particular, se recomienda llevar a cabo una nueva aspersión a las cuatro (4) horas que es la mitad del proceso de beneficio de aves ya que a ese momento la carga microbiológica en el ambiente se vio aumentada, como se observó en los muestreos obtenidos por UFC.

Se recomienda continuar con trabajos de investigación que amplíen el espectro de estudio de la carga microbiana a nivel específico, con la identificación de especies microbianas de interés para la industria avícola.

BIBLIOGRAFIA

Agua Electrolizada: Potente Antimicrobiano. Sistemas de Desinfección con Tecnología. En: Envirolyte Spain. Madrid. [Disponible en]: <http://www.aguaelectrolizada.blogspot.com/enviolytespain.aguaelectrolizada.com>
[Consultado en]: Mayo 15 de 2013.

ALBRICH, J. Michael; MCCARTHY, Carol A.; HURST, James K. Reactividad Biológica del Ácido Hipocloroso: Implicaciones Para los Mecanismos Microbicidas de la Mieloperoxidasa de Leucocitos (bactericida / oxidación biológica / neutrófilos / respiración / toxina). Departamento of Chemistry y Ciencias Bioquímicas, Oregon Graduate Center, de Portland, Oregon 97006. Comunicado por Henry Taube, 06 de octubre 1980. En: Biological Reactivity of Hypochlorous Acid: Implications for Microbicidal Mechanisms of Leukocyte Myeloperoxidase. Proc. Natl Acad. Sci. EE.UU. Vol. 78, No. 1, pp. 210-214, 01 1981 bioquímica.

ALLEY E., Robert & Associates Inc. Manual de Control de la Calidad del Aire. México D.F.: McGraw Hill. 2001.

BUCK, J.W.; VAN IERSEL, M.V.; OETTING, R.D.; HUNG, Y.C. In Vitro Fungicidal Activity of Acidic Electrolyzed Oxidizing Water. Plant Disease. Vol. 86. N° 3. 2002. Pp. 278.

CALLEJAS, Tomas A.; MARTINEZ, G.B.; HERNANDEZ, Artes F. Neutral and Acidic Electrolyzed Water as Emergent Sanitizers for Fresh Cut Mizuna Baby Leaves. Postharvest Biology and Technology. Vol. 69. 2011. Pp. 298-306.

CARRASCAL, Ana K.; CHAVES, Gustavo; ROJAS, Iván; GALVIS, Beatriz; MERCADO, Marcela, Producción de Agua Electrolizada Para Eliminación de Microorganismos en Lechuga. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. 2004.

CASADIEGO, P.; CUARTAS, R.; CARRASCAL, A.K. Efectividad del Agua Electrolizada Oxidadora (EO) en la Inactivación de *Listeria monocytogenes* en Lechuga (*Lactuca sativa* L). Córdoba: Universidad de Córdoba. 2004.

CERVANTES, Eduardo. Procesamiento de Aves. Gerencia Productiva. Barranquilla: Ediciones Científicas. 2007.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Resolución 2115 de 2007 (Junio 22). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá D.C. Diario Oficial 46.679 de Julio 04 de 2007. [Disponible en]: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30008>

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 3075 de 1997 (Diciembre 23). Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. Diario Oficial 43.205 de Diciembre 31 de 1991. [Disponible en]: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3337>

CUI, Xiaodong; SHANG, Yuchao; SHI, Zhengxiang; XIN, Hongwei; CAO, Wei. Physicochemical Properties and Actericidad Efficiency of Neutral and Acidic Electrolized Water under Different Storage Conditions. Journal of Food Engineering. Vol. 91. Issue 4. April, 2009. Pp. 682-686.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE).
Boletín 36. 2010. [Disponible en]:
<http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eas/bpEAS2010.pdf>
[Consultado en]: Abril 16 de 2013.

Desinfección. 8 p. [Disponible en]:
<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/DESINFECCION.pdf> [Consultado
en]: Agosto 14 de 2015.

Desinfectantes Utilizados en la Industria Alimentaria: Características, Modo de
Actuación y Aspectos que Inciden en su Eficacia. Acción Sobre los
Microorganismos. 10 p. [Disponible en]:
[http://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_boletin_Desinfectantes
_y_Modo_de_accion_en_IIAA.pdf](http://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_boletin_Desinfectantes_y_Modo_de_accion_en_IIAA.pdf) [Consultado en]: Agosto 15 de 2015.

Enterprise and Electrolysis. En: Royal Society of Chemistry. [Disponible en]:
www.rsc.org/chemistryworld/Issues/2003/August/electrolysis.asp [Publicado en]:
Agosto de 2013. [Consultado en]: Junio 5 de 2014.

ERYILMAZ, Müjde; MURAT PALABIYIK, İsmail. Hypochlorous Acid - Analytical
Methods and Antimicrobial. Department of Pharmaceutical Microbiology,
Department of Analytical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Ankara University,
06100 Ankara, Turkey. Received: 27 September 2012 Revised accepted: 5
January 2013 [Disponible en]: <http://www.ajol.info/index.php/tjpr/article/view/86198>

FABRIZIO, K.A.; SHARMA, R.R.; DEMIRCI, A.; CUTTER, C.N. Comparison of
Electrolyzed Oxidizing Water with Various Antimicrobial Interventions to Reduce
Salmonella Species on Poultry. Poultry Science Association. Vol. 81.
Pennsylvania, USA. 2012. Pp. 1598-1605.

FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA (FENAVI). 2014.
[Disponible en]: www.fenavi.org

_____. FONDO NACIONAL AVÍCOLA. Producción Público. Colombia.
[Disponible en]: www.fenavi.org/index.php?option=content&view=article&id
[Consultado en]: Octubre 18 de 2014.

FENNER, D.C.; BÜRGE, B.; KAYSER, H.P.; WITTENBRINK, M.M. "The Anti-microbial Activity of Electrolyzed Oxidizing Water Against Microorganisms Relevant in Veterinary Medicine". Journal of Veterinary Medicine. Infectious Diseases and Veterinary Public Health. Vol. 3. N° 53. 2005. Pp. 133-137

FLÓREZ, Francisco, PARDAVÈ, Lidia; ALONSO, María Teresa. Calidad Microbiológica Ambiental en el Campo Universitario. México D.F.: Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Investigación y Ciencia. 2003. Pp. 3-10.

FUJIWARA, K.; DOI, R.; IIMOTO, M.; SHI, Q.C. Fundamental Studies on Crop by Spraying Electrolyzed Strong Acid Water. Environment Control in Biology. Vol. 36. 1998. Pp. 245-249.

GRACA, Ana; ABADIAS, Maribel; SALAZAR, Miguel; NUNES, Carla. The Use Electrolyzed Water as a Disinfectant for Minimally Processed Apples. Postharves Biology and Technology. Vol. 61. 2011. Pp. 172-177.

GRANT, W.D.; LONG, P.E. Microbiología Ambiental. Zaragoza: Acribia S.A. 1989. Pp. 61-63.

GUENTZEL, J.L.; LAM, Kam; LIANG; CALLAN, Michael; EMMONS, Stuard. Evaluation of Electrolyzed Oxidizing Water for Phytotoxic Effects and Pre Harvest Management of Gray Mold Disease on Strawberry Plant. Crop Protection. Vol. 30. Issue 10. 2011. Pp. 1274-1277.

_____. Postharvest Management of Gray Mold and Brown Rot on Surface of Peaches and Grapes Using Electrolyzed Oxidizing Water. International Journal of Food Microbiology. Vol. 143. 2010. Pp. 1-2.

HENAO, Fernando. Riesgos Químicos. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones. 2009.

HERNÁNDEZ, Esperanza. Programa de Muestreo Microbiológico. Avícola El Madroño S.A., Lebrija-Santander, Colombia. 2013. Pp. 23-28.

HIROMASA, Kiura; KOUICHI, Sano; SHINICHI, Morimatsu; TAKASHI, Nakano; CHIZUKO, Morita; MASAKI, Yamaguchi; TOYOYUKI, Maeda; YOJI, Katsuoka. Bactericidal Activity of Electrolyzed Acid Water From Solution Containing Sodium Chloride at Low Concentration, in Comparison With That at High Concentration. Department of Microbiology, Osaka Medical College, Takatsuki, Osaka 569-8686, Japan. Department of Urology, Osaka Medical College, Takatsuki, Osaka 569-8686, Japan. Department of Medical Instruments, Kaigen Co., Ltd., Osaka 541-0045, Japan. Received 20 August 2001; received in revised form 15 November 2001; accepted 13 December 2001 Journal of Microbiological Methods 49 (2002) 285–293.

HSU, S.Y. Effects of Water Flow Rate, Salt Concentration and Water Temperature on Efficiency of an Electrolyzed Oxidizing Water Generator. Journal of Food Engineering. Vol. 60. 2003. Pp. 469-473.

HUANG, C.C.; CHENG, T.C.; YANG, Y.R.; CHUNG, Y.H. Evaluation of Washing and Sterilization of Vegetables Using Electrolyzed Strong Acid Aqueous Solution. Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society. Vol. 36. 1998. Pp. 473-482.

HUANG, Yu Ru; HUNG, Yen-Con; HSU, Shun-Yao; HUANG, Yao Wen; HWANG, Deng Fwu. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry. Science Direct. Food Control. Vol. 19. 2008. Pp. 329-345.

HUNG, Yen-Co. USDA Afri Integrated Food Safety Project. The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, Georgia, USA. [Disponible en]: www.caes.uga.edu/research/beefsafety [Consultado en]: Febrero 20 de 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS (INVIMA). Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad de Microbiológico de Alimentos para Consumo Humano. Bogotá D.C. 1998. Pp. 36-41.

ISSA ZACHARIA, Abdulsudi; KAMITANI, Yoshinari; MIWA, Nami; HAPPINESS, Muhimbula; IWASAKI, Koichi. Application of Slightly Acidic Electrolyzed Water as a Potential Nonthermal Food Sanitizer for Decontamination of Fresh Ready to Head Vegetables and Sprouts. Food Control. Vol. 22. Issues 3-4. March- April, 2011. Pp. 601-607.

KOSEKI, S.; ISOBE, S.; ITOH, K. Efficacy of Acidic Electrolyzed Water Ice for Pathogen Control on Lettuce. Journal of Food Prot. Vol. 67. 2004.

KUNAWAROTE, S.; NAKAJIMA, M.; SHIDA, K.; KITASAKO, Y.; FOXTON, R.M.; TAGAMI, J. Effect of Dentin Pretreatment with Mild Acidic HOCl Solution on Microtensile Bond Strength and Surface pH. J. Dent. 2010; 38: 261-268.

La Historia del Agua Alcalina. En: Mundo Alkalina. [Disponible en]:
<http://www.mundoalkalina.com/2009/02/la-historia-del-agua-alkalina-por.html#!/2009/02/la-historia-del-agua-alkalina-por.html> [Consultado en]: Julio 22 de 2013.

LONG B., Liao; WEI M., Chen; XIAN M., Xiao. The Generation and Inactivation Mechanism of Oxidation-Reduction Potential of Electrolyzed Oxidizing Water. Journal of Food Engineering. Vol. 78. N° 4. 2007.

McKENNA, Susan M, DAVIES, Kelvin. The Inhibition of bacterial growth by hypochlorous acid. Institute for Toxicology and Department of Biochemistry, The University of Southern California. Los Angeles, U.S.A. 1988. Pp.685-692.

MANTILLA, Oscar. Programa Planta de Beneficio Avícola El Madroño S.A. Lebrija-Santander, Colombia. 2014.

MERCK, E. Manual de Medios de Cultivo. Alemania: Darmstadt. 1994.

MONNIN, Abigail; LEE Jaesung; PASCALI, Melvin. Efficacy of Neutral Electrolyzed Water for Sanitization of Cutting Boards Used in the Preparation of Foods. Journal of Food Engineering. Vol. 110. Issue 4. 2012. Pp. 641-646.

NEVERS, Noel D. Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. México D.F.: McGraw Hill. 1997.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4092. Microbiología de Alimentos y Productos de Alimentación Animal. Requisitos Generales y Directrices para Análisis Microbiológicos. Diciembre 16 de 2009. [Disponible en]:
<http://tienda.icontec.org/brief/NTC4092.pdf>

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4512. Microbiología de Alimentos y Productos de Alimentación Animal. Método Horizontal para la Detección y Enumeración de Coliformes Técnica del Número más Probable. Noviembre 18 de 2009. [Disponible en]: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC4516.pdf>

PARRA, Gina. Programa de Limpieza y Desinfección. Avícola El Madroño S.A. Lebrija, Santander. 2013.

RAHMAN, S.M.E.; DING, Tian. Effectiveness of Low Concentration Electrolyzed Water to Inactivate Foodborne Pathogens Under Different Environment Conditions. Article International Journal of Food Microbiology. Vol. 139. 2010. Pp. 147-153.

ROJAS, Monica; SILVA, Daniel. Comparative Assessment of the Antimicrobial Capacity of an Electrolyzed Superoxide Solution of Neutral pH and a Hydrogen Peroxide-based Solution, is the Property of Association and its Content May not be Copied or Emailed to Multiple Sites or Posted to a Listserv Without the Copyright Holder's Express Written Permission. México D.F.: Revista ADM Dental Mexicana. Vol. 70. Issue 4. Jul/Ago, 2013. Pp. 183-189.

RUTALA, W. Draft Guideline for Disinfection and Sterilization in Health Care Facilities. 2002.

Sanitation. Cleaning and Disinfection in the Food Industry. Stanga, M. WILEY-VCH. 2010.

SANTHI, E.L.; MAHENDER, C.; NAGA, M. Production of Hydrogen using Composite Membrane in PEM Water Electrolysis. International Journal Energy and Environment. USA. Vol. 3. Issue 5. 2012. Pp. 731-738.

SHI, Li-Ke; WANG, Yan; WANG, Yue; LIU, Yan; QI, Xiao-Min; ZHAO, Gui-Rong. Disinfection Efficacy of Medilox Super-oxidized Water with Neutral pH. Chinese Journal of Nosocomial Infections. 2009; 24: 33703372.

STROBBE, Maurice. Orígenes y Control de la Contaminación Ambiental. México D.F.: Editorial Continental. 1973. Pp. 19.

TABERNERO DE PAZ, M.J.; BODAS Y BARTOLOME, D. Electrolyzed Water as a Cleaning Agent in Animal Production: Effects on Health and Performance. España: Instituto Tecnológico Agrario Subdirección de Investigación y Tecnología, Zootecnia. Vol. 61. 2013. Pp. 15-19.

Tropical Journal of Pharmaceutical Research. Pharmacotherapy Group, Faculty of Pharmacy, University of Benin, Benin City, 300001 Nigeria. 12 (1). February, 2013. Pp. 123-126. ISSN: 1596-5996 (print); 1596-9827 (electronic). [Disponible en]: <http://www.tjpr.org> <http://dx.doi.org/10.4314/tjpr.v12i1.20>

Uso del Agua Electrolizada para Combatir Patógenos en Carne. En: Revista La Alimentación Latinoamericana. University of Georgia College of Agricultural and Environmental. Vol. 306. Georgia, USA. 2013. Pp. 42-43. [Disponible en]: www.es.scribd.com/doc/187931923/LAL306-pdf#scribd [Consultado en]: Octubre 10 de 2014.

VEGA CARO, Edith y TORRES, Gloria. Desinfección de Alto Nivel. Unidad de Endoscopia Digestiva. Hospital del Trabajador. 11 p. [Disponible en]: www.endoscopia.co.cl/pdf/desinfec1.pdf [Consultado en]: Agosto 14 de 2015.

WATSON, Ryan. La Tecnología de Agua Electrolizada de SANYO Demuestra su Eficacia Contra el Virus de la Gripe Aviar. En: Notice PR Newswire News Briefs Tottory University. Tokio. Mayo 15 de 2006. Pp. 1.

ANEXOS

ANEXO A. EQUIPO DE PRODUCCION DE AGUA ELECTROLIZADA

Equipo de producción de agua electrolizada ácida ROX-10WB-E*:



* Equipo ubicado en el laboratorio de investigación LIBAAM de la Universidad de Santander (UDES). Bucaramanga, 2015.