

Procedimiento de monitoreo y cierre de no conformidades microbiológicas en el área de desposte bovino*

Eduardo Javid Corpas Iguarán**, Esmith Basante Bastidas***, Ivana Franco Rodríguez****

Resumen

Introducción. Los eventos de contaminación cruzada a partir de ambientes, superficies y manipuladores pueden, específicamente en el área de desposte, afectar la inocuidad de una canal previamente higienizada, con el agravante de que, *a posteriori* del proceso de despiece, no existe etapa alguna de destrucción microbiana que elimine la contaminación generada en el producto. Esto hace relevante la implementación de estrategias para el control de la contaminación cruzada en el área. **Objetivo.** Establecer un procedimiento para el monitoreo y cierre de no conformidades microbiológicas en ambientes, superficies y manipuladores del área de desposte. **Materiales y métodos.** Se implementaron intervalos de tolerancia a partir del análisis de coliformes totales durante el desposte, se caracterizaron las condiciones que transversalizan el proceso a través de una lista de verificación, se diseñaron flujogramas para cierre de no conformidades microbiológicas, y se desarrolló un plan de mejora para la prevención de contaminación por coliformes durante el desposte. **Resultados.** Los límites de tolerancia más estrictos se establecieron en ambientes, con entre 2 y 4 UFC de coliformes, mientras la aplicación de la lista de verificación mostró falencias en la limpieza y desinfección de superficies y desconocimiento sobre las concentraciones de desinfectante utilizadas. **Conclusión.** La contaminación cruzada en el área de desposte tuvo como origen primordial aspectos ligados a la aplicación correcta de los procesos de limpieza y desinfección.

Palabras clave: desposte bovino, árbol de procedimientos, coliformes totales, No conformidades.

Monitoring and closing procedure of microbiological nonconformities in the bovine deboning area

Abstract

Introduction. The crossed contamination events can, specifically in the deboning area, affect the safety of a previously sanitized carcass, and it can be even worse because later, in the cutting process, there are no stages that include microbial destruction to eliminate the contamination the product could have had during this phase. Therefore, it is important to implement strategies to control crossed contaminations in the area. **Objective.** Establish a procedure for the monitoring and the closing of microbiological nonconformities in environments, surfaces and manipulators in the deboning area. **Materials and methods.** Tolerance intervals were implemented based on the analysis of total coliforms during deboning. The conditions that are transversal in the process were characterized by the use of a checklist; flowcharts to close microbiological nonconformities were designed and an improvement plan to prevent contamination with coliforms during deboning was developed. **Results.** The most strict tolerance limits were established in environments with measures between 2 and 4 CFU of coliforms, while the application of the check list showed failures in the cleaning and the disinfection of surfaces and a lack of knowledge about the disinfectant concentrations used. **Conclusion.** Crossed contamination in the deboning area was mainly due to aspects related to the correct application of the cleaning and disinfection processes.

Key words: bovine deboning, procedures tree, total coliforms, nonconformities.

* Este trabajo hace parte del proyecto de investigación "Establecimiento de un sistema de verificación para el control de coliformes totales en un frigorífico", realizado por la Universidad Católica de Manizales (UCM) y cofinanciado por la empresa FrigoCentro S. A. El proyecto fue realizado entre enero de 2011 y junio de 2012 por el Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico para el Sector Agroindustrial y Agroalimentario INDE TSA.

** Especialista en Microbiología Industrial. Bacteriólogo. Docente Investigador de la Universidad Católica de Manizales.

*** Estudiante de la especialización en Microbiología Industrial de la Universidad Católica de Manizales. Ingeniera de Alimentos.

**** Estudiante de la especialización en Microbiología Industrial de la Universidad Católica de Manizales. Nutricionista.

Procedimiento de monitorización e fechamento de não conformidades microbiológicas na área de desosse bovino

Resumo

Introdução. Os eventos de contaminação cruzada a partir de ambientes, superfícies e manipuladores podem, especificamente na área de desosse, afetar a inocuidade de uma canal previamente higienizada, com o agravante de que, a posteriori do processo de esquartejamento, não existe etapa alguma de destruição microbiana que elimine a contaminação gerada no produto durante esta fase. Isto faz relevante a implementação de estratégias para o controle da contaminação cruzada na área. **Objetivo.** Estabelecer um procedimento para a monitoração e fechamento de não conformidades microbiológicas em ambientes, superfícies e manipuladores do área de desosse. **Materiais e métodos.** Implementaram-

se intervalos de tolerância a partir da análise de coliformes totais durante o desosse, caracterizaram-se as condições que transversalizam o processo através de uma lista de verificação, desenharam-se fluxogramas para fechamento de não conformidades microbiológicas, e se desenvolveu um plano de melhora para a prevenção de contaminação por coliformes durante o desosse. **Resultados.** Os limites de tolerância mais estritos se estabeleceram em ambientes, com entre 2 e 4 UFC de coliformes, enquanto a aplicação da lista de verificação mostrou falências na limpeza e desinfecção de superfícies e desconhecimento sobre as concentrações de desinfetante utilizadas. **Conclusão.** A contaminação cruzada na área de desosse teve como origem primordial aspectos unidos à aplicação correta dos processos de limpeza e desinfecção.

Palavras importantes: desosse bovino, árvore de procedimentos, coliformes totais, Não conformidades.

Introducción

Una de las actividades tendientes a reducir la carga microbiana en las canales bovinas es el uso de ácidos orgánicos (Marriott, 1999) entre los cuales los más utilizados son el ácido peracético y el ácido láctico (Ojeda & Vásquez, 2009). Sin embargo, se generan fenómenos de contaminación cruzada, asociados al manejo inadecuado de las buenas prácticas de manipulación (Godínez et al., 2005; Hui, Guerrero & Rosmini, 2006; Corrales, Angel & Caicedo, 2008), en algunos casos, con altos recuentos de coliformes totales y *E. coli* (Nel, Lues, Buys, & Venter, 2004). A pesar del uso de ácidos orgánicos y otros métodos, como la radiación ionizante (Zárate, Espinoza, Maier, & Silva, 2002), es común que se presente contaminación cruzada, asociada principalmente a equipos, utensilios y personal manipulador (Godínez et al., 2005), cuyo monitoreo y control es pertinente, teniendo en cuenta que el control sobre la contaminación cruzada suprime la necesidad de incorporar estrategias adicionales de eliminación de patógenos después del lavado y acidificación de las canales (proceso previo al desposte) (Oquendo, 2006).

En el país se tiene como propósito la adopción de políticas sanitarias drásticas en cuanto al mantenimiento de las condiciones higiénico-sanitarias de los frigoríficos (Franco, Romero &

Taborda, 2008), soportada por el Decreto 1500 del 4 de mayo del 2007 (Ministerio de la Protección Social de Colombia, 2007). Teniendo en cuenta las limitaciones generales que en general subyacen en las plantas de sacrificio y desposte, la entrada en vigencia de este decreto ha sido prorrogada en diversas ocasiones; la más reciente se dio a través del Decreto 2270 del 2 de noviembre de 2012 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012). El contexto esbozado da cuenta de la necesidad de implementar herramientas para el monitoreo y cierre de no conformidades microbiológicas, que contribuyan al sostenimiento de las condiciones de salud pública en el país, teniendo en cuenta que la carne es un producto altamente perecedero, y representa el 6,8 % de la industria de alimentos (Hernández & Martínez, 2008); Además, tales estrategias son necesarias para el cumplimiento de requisitos de calidad microbiológica fuera del país (Corrales et al., 2008). Se implementó un procedimiento para el monitoreo y cierre de no conformidades microbiológicas, consistente en el establecimiento de intervalos de tolerancia (IT) para el recuento de la población de coliformes totales, población indicadora de la contaminación microbiológica cruzada, en las fuentes mencionadas. Estos intervalos se alinearon a medidas estructuradas dentro de un árbol de decisiones, según el tipo de vehículo (ambiente, superficie y manipula-

dor) y origen probable de la contaminación, a manera de dotar a la empresa de una herramienta de control microbiológico, determinante en el accionar de sistemas de calidad como el HACCP (Análisis de Riesgo y Puntos Críticos de Control), con el propósito de contribuir a la generación de un producto inocuo, de vida útil más prolongada, y al cumplimiento de los requerimientos microbiológicos establecidos en la normativa existente.

Materiales y métodos

IT. Estadístico muestral que permite establecer los límites probabilísticos que cubren los valores individuales de la población mediante un intervalo sobre una proporción fija de las mediciones, aplicando la fórmula

$$X \pm ks \quad \text{Ecuación \# 1.}$$

donde:

X = Media muestral.

k = Constante que tiene en cuenta el número de muestra y el nivel de confiabilidad.

s = Desviación estándar corregida (Walpole, Myers & Myers, 1998).

Los IT tienen en cuenta el tamaño de la muestra y la variabilidad de los datos, lo que implica una ventaja frente a los límites establecidos a partir de la desviación estándar, que solo consideran la variabilidad de los datos (Corpas, 2009). Igualmente, el número de muestras utilizado (10 unidades para cada ambiente, superficie, y manipulador) obedece a que en los IT se establecen límites para observaciones individuales futuras, caso en el cual no se requiere un número específico de mediciones, puesto que para cada n existe un factor de tolerancia dentro de la distribución normal, en un nivel de confiabilidad definido (en este caso, del 95 %), que al multiplicarse por la desviación estándar, da como resultado el límite de tolerancia de su respectiva población. No obstante, el establecimiento de límites de tolerancia para una población dada tiene como requisito inapelable, la normalidad de las distribuciones muestrales (Mendenhall y Sincich, 1997), condición demostrada, previo el procesamiento de los datos. Las áreas críticas que se sometieron al establecimiento de IT, teniendo como variable

de respuesta el recuento de coliformes totales, fueron: ambiente de desposte-área 1, ambiente de desposte-área 2, ambiente del área de empaque, superficie de cuchillo, superficie de Chaira, superficie de peto metálico, superficie de mesa de teflón, superficie de banda transportadora, superficie de mesa circular, superficie de soporte para bolsa de empaque, superficie de sierra-costilla, y manipuladores desinfectados con dos tipos de desinfectantes: Dermoquat® cuyo ingrediente activo corresponde a sales de amonio cuaternario, y Dermo Germ®, producto para desinfección de manos a base de triclosán.

Eliminación de datos atípicos basado en el cálculo de la mediana. La aplicación de IT implicó, además, la aplicación de estadísticos para la eliminación de datos atípicos, cuya inclusión podría derivar en la desviación de los valores de tendencia central y dispersión (Daza, Suárez & Castellanos, 2009). Se consideraron atípicos, aquellos que cumplieran la siguiente condición:

$$\frac{x_i - \text{med}(x_j)}{\text{MEDA}(x_j)} > 4,5 \quad \text{Ecuación \# 2}$$

donde med (xj) es la mediana de las observaciones, y MEDA (xj) es la mediana de las desviaciones absolutas con respecto a la mediana (Daza et al, 2009).

Condiciones establecidas durante el muestreo para el establecimiento de IT. Se realizaron diez repeticiones en diferentes días, para el recuento de coliformes en los ambientes, superficies y manipuladores del área de desposte, considerados de implicación directa hacia la calidad microbiológica del producto. Los datos se sometieron a la detección de datos atípicos, y los incluidos en esta denominación, fueron posteriormente reemplazados con otros provenientes de subsecuentes procesos de muestreo y análisis, hasta lograr un número de diez datos normales.

Método de análisis. Se utilizó el método de recuento en placa profunda (Food and Drug Administration [FDA], 1978). Las muestras fueron tomadas con escobillones estériles en caldo Lethen, llevadas al laboratorio y sembradas en agar chromocult, que favorece el desarrollo de coliformes totales (Manual Merck, 2006).

Procedimientos para la toma de decisiones en cuanto al cierre de no conformidades

microbiológicas. Se realizaron las siguientes actividades:

- *Caracterización de las condiciones que transversalizan los procesos de producción dentro del área de desposte.* Se diseñó y aplicó una lista de verificación para establecer qué condiciones favorecedoras de la contaminación microbiológica se presentaban con mayor y menor frecuencia, y así priorizarlas dentro del árbol de decisiones para el cierre de las no conformidades por sobrepaso de los límites de tolerancia establecidos.
- *Desarrollo de flujogramas activables al sobrepaso de los límites establecidos para el recuento de coliformes.* Se desarrollaron a partir de la caracterización de condiciones que transversalizan el proceso y a partir de las falencias observadas durante las visitas de muestreo para el establecimiento de límites en el recuento de coliformes totales.

Resultados

Proceso de eliminación de datos atípicos y establecimiento de IT. La tabla 1 pretende ejemplificar el proceso de eliminación de datos atípicos a partir del cálculo de la mediana, aplicado a los datos de cada ambiente, superficie y manipulador evaluado. En la tabla se aprecia la superficie del utensilio "chaira" con una frecuencia mayor de datos atípicos, por lo cual, dicha superficie debe ser monitoreada de manera frecuente, para así detectar los fenómenos de contaminación que se presenten.

IT en ambientes. Los recuentos obtenidos al analizar los ambientes fueron significativamente homogéneos, con coeficientes de variación cercanos a cero, y al instaurar los IT, los límites de alerta no superaron el recuento de 3 UFC, y fueron similares los límites de recuento de los tres ambientes evaluados (tabla 2). Además, no se detectaron datos atípicos, lo que indica que las condiciones de desinfección actuales son apropiadas y no existen falencias de hermeticidad u otras que afecten el proceso; por tanto, la empresa puede limitar la periodicidad de muestreos de control de coliformes en ambientes.

IT en superficies. Al someter los recuentos obtenidos a la detección de datos atípicos se

encontró que la sierra-costilla y la chaira fueron las superficies donde se presentaron datos atípicos con mayor frecuencia, con 33,3 y 28,5 %, respectivamente (tabla 1), indicando alta susceptibilidad a los desvíos. Por otra parte, todos los límites obtenidos a partir del análisis de coliformes en superficies estuvieron entre 8 y 21 UFC/100 cm², excepto para la banda transportadora, cuyo límite de alerta correspondió a 121 UFC (tabla 3); además, el coeficiente de variación de esta superficie correspondió a 10.6 %, en contraste con los coeficientes obtenidos para las demás superficies, los cuales fluctuaron entre 0 y 0,3. Estos hallazgos pueden indicar la necesidad de realizar cambios en la técnica de desinfección de la banda transportadora, puesto que es una superficie con ranuras y áreas de difícil acceso, de manera que periódicamente se podría dar un tratamiento especial, como la inmersión en desinfectante, teniendo en cuenta que es una superficie de contacto directo con el producto.

IT en manipuladores. Para los desinfectados con Dermoquat®, como para los desinfectados con Dermo Germ® se presentó un 23 % de datos atípicos en el recuento de coliformes, en las muestras tomadas, lo que implica la necesidad de sensibilización a los operarios sobre la importancia de la técnica de desinfección para evitar que sus manos se conviertan en una fuente de contaminación cruzada. Las varianzas en los manipuladores indicaron homogeneidad en la distribución de los datos tomados, y los límites de alerta para el recuento de coliformes totales fueron similares (tabla 4).

Aplicación de la lista de verificación en el área de desposte de la empresa. Al establecer las condiciones de menor cumplimiento se denotaron falencias relacionadas con la limpieza y desinfección de petos, sierra-costilla y banda transportadora, dado que se percibieron condiciones ineficientes de limpieza y desinfección en el 100 % de las listas de chequeo realizadas (figura 1). Durante el proceso se observaron residuos, producto de operaciones de lavado ineficiente en los petos y la sierra-costilla, mientras que se apreciaron áreas oscurecidas en la banda transportadora, producto de la acumulación periódica de residuos orgánicos, e igualmente, se observó acumulación de residuos en la mesa de teflón en el 60 % de las verificaciones efectuadas. Estos hallazgos

Tabla 1. Eliminación de datos atípicos para el recuento de coliformes totales en superficies

Superficie de cuchillo				Superficie de chaira				Superficie de peto metálico						
Mediana de datos	Datos	Absoluto del dato - la mediana	Est. Peña Prieto	Gran mediana	Mediana de datos	Datos	Absoluto del dato - la mediana	Est. Peña Prieto	Gran mediana	Mediana de datos	Datos	Absoluto del dato - la mediana	Est. Peña Prieto	Gran mediana
4	5	1	0,3	3	10,5	10	0,5	0,1	5	4	4	0	0,0	2
	0	4	1,3			8	2,5	0,5			2	2	1,0	
	4	0	0,0			10	0,5	0,1			197*	193	96,5	
	57*	53	17,7			114*	103,5	20,7			6	2	1,0	
	2	2	0,7			319*	308,5	61,7			2	2	1,0	
	1	3	1,0			341*	330,5	66,1			105*	101	50,5	
	31*	27	9,0			6	4,5	0,9			4	0	0,0	
	7	3	1,0			16	5,5	1,1			5	1	0,5	
	5	1	0,3			11	0,5	0,1			1	3	1,5	
	1	3	1,0			5	5,5	1,1			62*	58	29,0	
	4	0	0,0			6	4,5	0,9			1	3	1,5	
	0	4	1,3			34*	23,5	4,7			3	1	0,5	
						11	0,5	0,1			3	1	0,5	

*= Datos atípicos

*= Datos atípicos

*= Datos atípicos

guardan coherencia con el menor cumplimiento obtenido para otras condiciones monitoreadas, como la ejecución del proceso de verificación de los procedimientos de limpieza y desinfección (la cual tuvo un nivel de incumplimiento en el 60% de las listas de chequeo desarrolladas), que constituye una actividad de realimentación determinante para establecer la correcta aplicación

de las actividades tendentes a limitar el desarrollo de microorganismos indeseables en las superficies y equipos. Los aspectos detectados podrían estar relacionados con la ausencia de estrategias de socialización y documentación respecto a los cambios de desinfectantes, concentraciones y periodicidad de uso.

Tabla 2. IT establecidos a partir de los análisis de ambientes

Límites	Área del proceso evaluada		
	Despote Área 1	Despote Área 2	Empaque
	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales
Límite de Alerta Superior.	2	3	3

Tabla 3. IT establecidos a partir de los análisis de superficies.

Límites	Área del proceso evaluada			
	Cuchillo	Chaira	Peto metálico	Mesa de teflón
	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales
Límite de Alerta Superior.	11	21	9	13
Límites	Banda transportadora	Mesa circular	Soporte para bolsa de empaque	Sierra - Costilla
	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales
	Límite de Alerta Superior.	121	8	8

Tabla 4. IT establecidos a partir de los análisis de manipuladores

Límites	Desinfectante evaluado en despote	
	Derموquat®	Derمو Germ®
	Recuento de coliformes totales	Recuento de coliformes totales
Límite de Alerta Superior.	7	6

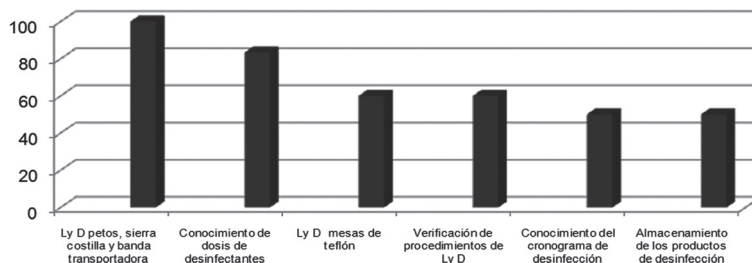


Figura 1. Condiciones de menor cumplimiento en la empresa a partir de la aplicación de la lista de chequeo

Desarrollo de flujogramas activables al sobrepaso de los límites establecidos para el recuento de coliformes. Para cada uno de los ambientes, superficies y manipuladores sometidos a intervalos de tolerancia, teniendo en cuenta las condiciones que transversalizan el proceso, se diseñaron los procedimientos para el cierre de no conformidades; sin embargo, a manera de ilustración, en el presente escrito solo se muestra el procedimiento de cierre de no conformidad cuando se presente sobrepaso del recuento de coliformes totales establecido para la superficie de la mesa de teflón, el cual se expone a continuación.

Procedimiento de cierre de no conformidad - Análisis de la superficie mesa de teflón. En concordancia con las visitas de verificación se

ha considerado que tras el sobrepaso de los límites establecidos, se verificará inicialmente la correcta ejecución de la técnica de lavado y enjuague. Alternativamente, se indagará si la contaminación se presentó por causa de acumulación de residuos de materia orgánica, condición verificable por medio de la inclusión de su seguimiento, a través de la lista de chequeo desarrollada en el presente proyecto. De comprobarse que tal condición se presenta de manera acumulativa, es pertinente considerar el cambio de detergente por otro que actúe de manera más efectiva frente a la materia orgánica, mientras que si se verifica que el evento se desencadenó por un proceso de acumulación transitoria se deberá verificar la estabilidad e integridad del detergente (figura 2).

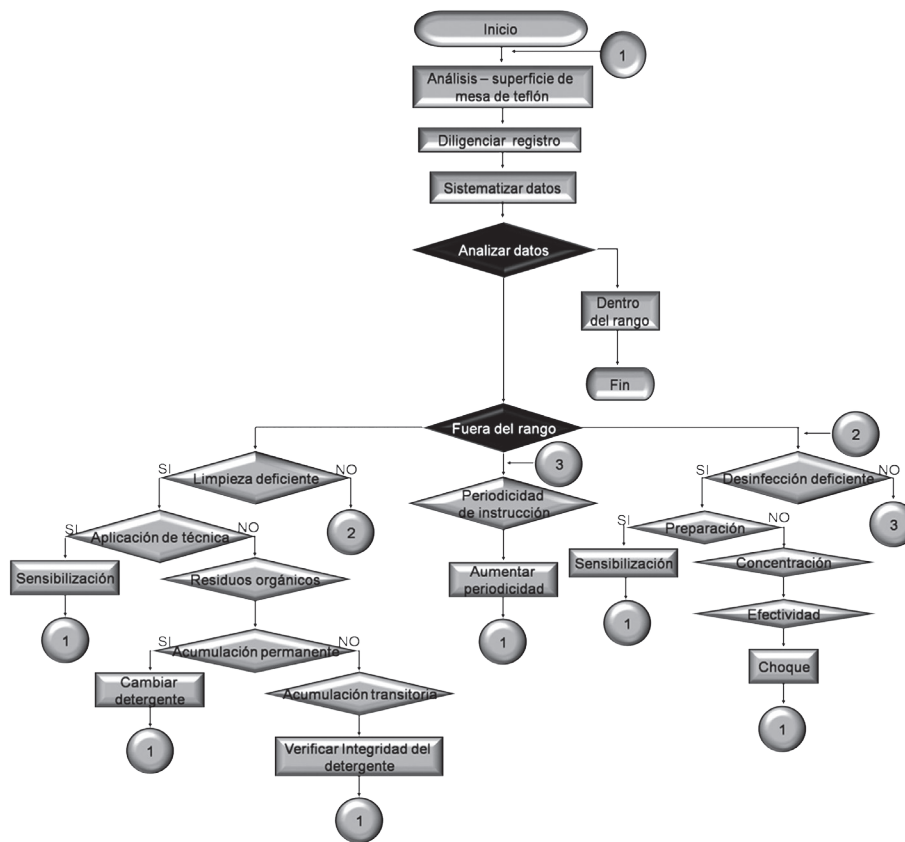


Figura 2. Procedimiento para el cierre de no conformidades por el sobrepaso de los límites establecidos para el recuento de coliformes en la superficie mesa de teflón.

En el caso que no existan evidencias de acumulación de materia orgánica, se indagará sobre la influencia de una deficiente desinfección, y se generarán procesos de sensibilización en caso de comprobarse la preparación deficiente del desinfectante. De manera alternativa, se verificará la pérdida de la capacidad desinfectante a partir de cepas que gradualmente estén adquiriendo resistencia, condición en la cual se procederá a efectuar actividades de preparación y aplicación del desinfectante a mayor concentración que la utilizada normalmente. Complementariamente, es importante validar la concentración sugerida por el fabricante de cada desinfectante aplicado, frente a cepas aisladas dentro del proceso de desposte, para lo cual se deberá contar con la ayuda del laboratorio que presta los servicios de control microbiológico.

Conclusiones

Los recuentos de coliformes totales en los ambientes del área de desposte de la empresa no mostraron desvíos y fueron significativamente homogéneos, por lo cual los controles para la verificación de la correcta desinfección ambiental pueden efectuarse con baja periodicidad, en contraste con algunas superficies, como la chaira, cuya frecuencia de datos atípicos refleja la necesidad de monitoreos constantes. Además, en los datos de la banda transportadora se evidenció variabilidad significativa, alta frecuencia de datos atípicos y un límite de recuento de 121 UFC, por lo cual se hace necesario replantear el procedimiento de limpieza y desinfección de esta superficie, para asegurar que no constituya un foco de contaminación cruzada hacia el producto.

Por otra parte, la lista de verificación aplicada, las visitas de muestreo para el establecimiento de intervalos y los resultados obtenidos en los análisis de ambientes, superficies y manipuladores del área de desposte indican que la contaminación cruzada en el área de desposte de la empresa tiene como origen primordial aspectos ligados a la aplicación correcta de los procesos de limpieza y desinfección, por lo cual es pertinente el desarrollo de procesos de sensibilización para los operarios en el desposte.

Referencias bibliográficas

- Corpas, E. (2009). Procedimiento para el establecimiento de intervalos de tolerancia a partir del análisis microbiológico de ambientes, superficies y manos de operarios en empresas del sector agroalimentario. *Revista de Investigaciones - Universidad Católica de Manizales*, 13(1), 157-163.
- Corrales, L.; Ángel, V. & Caicedo, D. (2008). Identificación de *Salmonella* y *Escherichia coli* en manos y guantes de manipuladores en planta de sacrificio y faenado de un municipio de Cundinamarca. *NOVA*, 6(9), 101-112.
- Daza, G.; Suárez, J. & Castellanos, G. (2009). Preproceso de datos en bioseñales: una aplicación en detección de patologías de voz. *Ingeniería e investigación*, 29(3), 92-96.
- Food and Drug Administration – FDA. (1978). Bureau of Foods Division of Microbiology. "Bacteriological Analytical Manual". Washington, Estados Unidos: Editorial AOAC.
- Franco, J., Romero, M. & Taborda, G. (2008). Determinación de niveles residuales de tetraciclina en canales bovinas por la técnica de ELISA en el frigorífico FRIOGAN (La Dorada). *Biosalud: Revista de Ciencias Básicas*, 7(1), 47-55.
- Godínez, G.; Reyes, J.; Zúñiga, A.; Sánchez, I.; Castro, J.; Román, A., et al. (2005). Condiciones microbiológicas en cuatro rastros municipales del estado de Hidalgo. Universidad autónoma del estado de Hidalgo; Centro de Investigaciones Químicas. Recuperado de: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2005/ee-13-2005/documentos/CNA47.pdf>
- Hernández, M. & Martínez, A. (2008). Mejora y adecuación de la línea de sacrificio y faenado de ternero lechal en la empresa frigorífico y plaza de ferias de Zipaquirá. Universidad de la Salle. Recuperado de: <http://tegra.lasalle.edu.co/dspace/bitstream/10185/1006/1/43011027.pdf>
- Hui, Y.; Guerrero, I. & Rosmini, M. (2006). *Ciencia y tecnología de carnes*. México: Editorial LIMUSA.
- Marriott, N. (1999). *Principios de higiene alimentaria*. Zaragoza, España: Editorial Acirbia S. A.
- Mendenhall, W. & Sincich, T. (1997). *Probabilidad y estadística para ingenierías y ciencias*. 4ª ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica.
- Merck. (2006). *Manual de medios de cultivo: Indicaciones generales para el empleo de medios*

- de cultivo deshidratados*. Recuperado de: <http://www.merck-chemicals.com.co/>
- Nel, S.; Lues, J.; Buys, E. & Venter, P. (2004). Bacterial populations associated with meat from the deboning room of a high throughput red meat abattoir. *Meat Science*, 66(3), 667-674.
 - Ojeda, C. & Vásquez, G. (2009) Aplicación de ácidos orgánicos en la reducción de microorganismos aerobios mesófilos y coliformes totales y fecales en canales de bovinos. *Revista Tecnológica ESPOL*. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/210/1/350.pdf>
 - Oquendo, M. (2006). Incidencia de *Escherichia coli* serotipo O157:H7 en carne proveniente de ganado bovino de mataderos de Puerto Rico; tesis para el grado de maestro en ciencias y tecnología de alimentos. pp. 1- 63. Recuperado de: <http://grad.uprm.edu/tesis/oquendorodriguez.pdf>
 - Ministerio de la Protección Social. (2007). *Decreto número 1500 del 4 de mayo de 2007*. Recuperado de: http://web.invima.gov.co/Invima///normatividad/docs_alimentos/Decreto1500_2007.pdf
 - Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). *Decreto número 2270 del 2 de noviembre de 2012*. Recuperado de: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2012/Documents/NOVIEMBRE/02/DECRETO%202270%20DEL%2002%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202012.pdf>.
 - Walpole, R.; Myers, R. & Myers, S. (1998). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 6ª ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
 - Zárate, H.; Espinoza, J.; Maier, L. & Silva, J. (2002). Utilización de radiación ionizante como método de eliminación de microorganismos patógenos en hamburguesas. *Nucleotécnica*, 22(36), 15-20.