



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

CUANTIFICACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN
MICROBIANA DURANTE EL PROCESO DE DESPIECE DE
CARNE DE CERDO EN UNA EMPACADORA DE LA
CIUDAD DE MÉXICO A PARTIR DE LOS MATERIALES DE
CORTE, POR MEDIO DE LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS
PROBABLE (NMP)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A:
ALONSO ROSAS SIERRA

ASESOR: M. A. JORGE LÓPEZ PÉREZ
COASESORA: M.C. ESPERANZA GARCÍA LÓPEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
TINAJERO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

"Cuantificación del grado de contaminación microbiana durante el proceso de despiece de carne de cerdo en una empacadora de la Ciudad de México- a partir de los materiales de corte, por medio de la técnica del número más probable (NMP)",

que presenta el pasante: Alonso Rosas Sierra

con número de cuenta: 098349814 para obtener el título de :

Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 07 de Agosto de 2008.

PRESIDENTE	<u>MVZ. José Margarito Rojo López</u>	
VOCAL	<u>M.A. Jorge López Pérez</u>	
SECRETARIO	<u>MVZ. Dora Luz Pantoja Carrillo</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>MVZ. Raúl García Tinajero</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.C. Patricia Mora Medina</u>	

DEDICATORIAS

A **Dios**, por darme la oportunidad de vivir cada momento de mi vida, dándome lecciones que no me derribaron; al contrario, me fortalecieron ayudándome a cambiar las cosas que puedo y aceptar las que no puedo.

A **Armando Jorge Rosas Silva** y **Esther Sierra Olvera**, porque más que mis padres, son mis mejores amigos, me apoyaron incondicionalmente en todo sentido para ver culminada esta y todas mis aspiraciones personales y profesionales, y como se los dije, este sólo es un paso... y aún nos faltan muchos más.

A **María Luisa Niño Nieves**, te encontré en el momento más importante de mi vida. Me enseñaste que el amor no sólo es de palabras, también es de sentimientos. Me das fortaleza, y a la vez, proporcionas sentido a mis ideales. Tu paciencia es infinita, y no tengo cómo mas agradecerte que con dos sencillas, pero a la vez, complejas palabras: ¡TE AMO!

A mis hermanos **Mario**, **Armando** y **Verónica**, quienes me ayudaron a tener la fortaleza ante los embates que nos presenta la vida.

A **Angelito**[†], mi sobrino. A pesar de que no estas físicamente conmigo, se que tu alma sí lo está, y porque tuviste los mismos sueños que yo, te dedico con todo mi corazón mi Tesis... Nunca te olvidaré.

A mis sobrinos **Ariel** y **Gabriela**, por permitirme robarles parte de su tiempo y sacarlos de su mundo para acompañarme en esta hermosa experiencia. Que este logro lo sientan como propio y les sirva como estímulo en sus vidas, para continuar con esfuerzo y progresando.

A **Lucía Ramírez Sánchez, Gerardo Galicia Juárez y Rosario Costeño Niño**. Han enfrentado muchos golpes duros en sus vidas, para mí son ejemplo para no derrotarse en todos los sentidos.

A mis tíos **Ángel Sierra Olvera** y **Josefina López Ramírez**, sin su apoyo, tampoco hubiese podido concluir este proyecto.

A mi abuelita **María Carmen Olvera**[†], se que no estás presente físicamente, más sin en cambio me enseñaste a trabajar por lo que quieres, sin rendirte, hasta el último instante.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma mater*, la **Universidad Nacional Autónoma de México**, quien me abrió sus puertas al conocimiento para mi formación integral, particularmente en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

A mi asesor, **M.A. Jorge López Pérez**, por compartir sus conocimientos y disciplina, ya que formarán parte de mi desarrollo profesional; además, por dedicarme parte de su valioso tiempo y su paciencia para la culminación de este proyecto.

A mi coasesora, **M.C. Esperanza García López**, por permitirme conocer esta área de la Veterinaria, por darme mi primera oportunidad profesional al desempeñarme como Ayudante de Profesor y por tus recomendaciones como profesional y como amiga.

Al **Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez**, por su colaboración en el diseño estadístico del presente proyecto, por sus valiosos aportes y por el tiempo que me dedicó.

A la **MVZ. Dora Luz Pantoja Carrillo**, por su apoyo logístico para la realización de mi Tesis, como amiga y compañera de profesión tus consideraciones son importantes, y como parte de mi Jurado, tu colaboración mejoró este trabajo.

Al **MSP. Jesús Carlos Manzano y Cañas**. Más que mi compañero de trabajo, es mi amigo, y su amistad vale más que mil palabras. Sus consejos me ayudarán para el ejercicio ético de mi profesión, y como ser humano, me merece mis respetos.

A la **M.A. Magda Elena Beltrán Cuenca**. Tu amistad es incorrompible y sin condiciones, tus lecciones profesionales y de vida me dan fortaleza para continuar adelante.

Al **MVZ. Humberto Arellano Sánchez** y a la **MVZ. Martha Elizabeth Pérez Arias**, sus sugerencias fueron factor determinante en mi formación profesional.

A la **M.C. Patricia Mora Medina**, por apoyarme en la Sección de Medicina Preventiva y por sus aportaciones para el mejoramiento del presente proyecto.

Al **MVZ. José Rojo López** y al **MVZ. Raúl García Tinajero**, integrantes de mi Jurado. Su colaboración y aportaciones fueron importantes para enriquecer este trabajo.

Al **C. Miguel Ángel Guillén Anguiano**, por las facilidades logísticas otorgadas en la realización del presente proyecto.

A todos los Profesores que tuve en la licenciatura, cada uno de Ustedes aportó elementos necesarios para mi formación profesional. Mención particular merecen: **Dr. Gabriel Ruiz Cervantes, Dra. Citlali Hernández Valle, MVZ. Patricia Gómez De la Cruz, Dr. Juan Carlos Del Río García, M.C. Javier Lazcano Reyes, Dr. Guillermo Oviedo Fernández, MVZ. Jaime Orozco Vargas[†], Lic. Ma. Eugenia López Castell, MVZ. Fernando Viniegra Rodríguez y MVZ. Dipl. Ismael Hernández Ávalos.**

A mis compañeros de licenciatura: **Daniel “Rábano”, Alfredo “Hobbit”, Sandra Sánchez, Lucero, Mónica, Josué y Nayelli, Alejandra “Cha”, Charlie y Elisa, Paomi, Omar “Timón”, David “Coste”, Marce, Rosaura, Fanny “Flaca”, Gustavo, Lorena, Héctor “Chay”, Verónica y David “Gordos”, Bere, Betza, Beto, Mauricio...** no los menciono a todos, me faltaría espacio, pero no los olvido. Con cada uno de ustedes pasé diferentes etapas de mi vida estudiantil, todas las buenas y malas, en fin... me dejan grandes lecciones y vivencias que nunca podré olvidar.

A mis compañeros de la Universidad del Golfo de México, Campus Tierra Blanca, Ver.: **Aury, Neidy, Toño, Car, Lino, Claudia, Gemma.** Al conocerlos, me demostraron que su amistad es sincera, y además de conocer a mi pareja, conocí a su banda, que ya forma parte de la mía.

Y a todos y todas las personas que, en diversas etapas de mi vida personal y profesional, me aportaron valiosas lecciones.

AMOR LIBRE

Autor: Nach Scratch, cantante español de hip-hop

Sigo siendo libre
nada es complicado a tu lado
tu me haces libre
estoy irreconocible desde que te conocí
mas vivo y mas sensible porque estas aquí
contando tus segundos junto a mi
y esto lo escribí pensando en ti.... porque te quiero

Porque te quiero, por encima de cualquier pero
mas allá del poderoso caballero don dinero
tu renaces al amante y adormeces al guerrero
haces que solo sepa hablar con el corazón primero

Y te quiero... eres la luz de mi agujero
esa manta que me arropa en este frío mes de enero
eres la mas linda flor que vi crecer entre mis tierras
la luz y la paz de un reportero de guerras

Y por ti... saltaré todas las vallas
vayas donde vayas besaré tus huellas en el suelo
porque te quiero gritaré al planeta entero
que eres tu y soy yo, salvaré cualquier escollo con
tu apoyo

Treparé por tu espalda hasta llegar a tu cuello
para acariciar tu oído y definirte lo mas bello
todos tus detalles todos tus destellos
son astros en el cielo y no puedo vivir sin ellos

No crees que es lógico que me obsesiones
pintar en tu cara sonrisas la mayor de mis pasiones
es
y hoy de nuevo volví a soñar con mis frases
para que las escuchases y volases... se que me
crees

Siempre sabes ser mi guía y mostrarme las
direcciones
en mis momentos de duda ante las duras
decisiones
que fácil lo pones... sin condiciones
ya ves... todo son celebraciones

No es normal que me emocione cuando vienes
si me creces, si me meces en tu amor y tus
vaivenes
de paz y sosiego cada problema es un juego
tu amor me hace libre y a tu amor me entrego

Mírame, ámame, sabes que tu amor me hace libre
no pasa el tiempo si te tengo al lado
no existen sombras desde que has llegado
me has iluminado

Tócame, siénteme, sabes que tu amor me hace
invencible
no pasa nada malo por que estas a un lado
tu amor hace libre a este loco enamorado

Sabes que tu amor me hace libre...
Estaré allí cuando llores y cuando rías
en tus días de melancolía y en tus alegrías
estaré allí cuando duermas y cuando sueñes
en tus miedos mas profundos y en tus noches mas
frías

Tan solo déjame escribirte, retratarte
rescatarte de la nada siempre que te sientas triste
tan solo con mirarte cada madrugada
tu aroma impulsa mi pluma sientes mi beso hasta
en tu almohada

Cada milésima en tus piernas y en tu olor
cada noche se hace eterna si tu estas alrededor
por favor mantente cerca de este constructor de
puentes
con don de gentes y que hace el amor con las
mentes

De este demente que tendrás enfrente
cuando despiertes sonriente como siempre tan
resplandeciente
y es que esos dientes son diamantes
y es que tus ojos son dibujos que hablan de como
te sientes

Y antes de que preguntes yo respondo
siempre llego hasta el fondo de tu mundo mas
profundo y hondo
cuando vamos paseando conversando
cuando ves que estoy mirando sacando mi lado
mas tierno

Estudiando tus movimientos bajo el sol
y escribiendo sin control bajo este árbol "amor de
mármol"
siempre firme ante cualquier adversidad del tren
el tren de la vida contigo hacia la libertad

Y así es tu amor como un suspiro de tu boca
que hace mi sueño tranquilo así es tu amor
y con tu amor respiro todo tiene sentido
incluso la muerte después de este amor vivido

Tu amor me hace libre y así de libre lo digo

ALONSO Y LUISA

Autora: María Luisa Niño Nieves

Sin querer te estoy extrañando hoy,
no aguanto más no decir esto que siento,
el corazón se me esta estallando
de pensar que no estas conmigo
de pensar que estas lejos.

Han pasando largas semanas
y tu presencia sigue aquí,
la dureza no me hace más mujer
ni más fuerte en esta tierra,
un amor sencillo sincero y complicado,
retórico, onomatopéyico,
te sigo amando
como el primer día que de mis labios
salió un te amo del corazón.

Te ansío, si ansío perderme en tus brazos
y en un abrazo cálido,
en uno de tus besos de poca temperatura
que carcomía mis huesos,
me muero por verte,
por abrazarte y por tenerte.

Perdóname si cometí errores,
no existen manuales de cómo hacer las cosas y
yo solo aprendí a que amarte era fácil
y lo complicada era dejarte.

Cada noche me perdía entre llantos y sollozos
entre luna y noche negras,
caminando en tardes lluviosas
pidiéndole a la vida que volvieras a mirarme
y volvieras a besarme
y que aun me dijeras
que me amabas como antes.

Te amo como negarlo
si me pierdo en un rincón
y me desanimo en mi colchón
esperando que pasen las horas
y deseando que esto sea un sueño.

Te amo como negarlo
si los recuerdos están vivos
y el corazón sigue latiendo
a un ritmo acelerado.

Te amo como negarlo
si te lo digo cada día
aunque no estés a mi lado,
y te sigo amando
y este amor sigue creciendo y aumentando,
perdóname si aun no he crecido
si más crece mi amor
que lo que he aprendido.

No me queda mas que cerrar mis ojos
callar mi boca y esperar que el tiempo hable,
no me queda más que decirte
que la luna es mi confidente
y que en secreto te sigo esperando
y no me queda más que recordarte
que aun te amo con mucha intensidad

Los cambios son paulatinos,
son progresivos
y se logran con el tiempo,
prometo seguir caminando
por la senda del destino
te sigo jurando que te sigo amando,
y te sigo prometiendo que estoy cambiando.

Y que día tras día y la experiencia
no me hacen olvidarte
solo hacen que este amor pueda afianzarse.

ÍNDICE

	Página
Resumen	3
I.Introducción	5
1.1 Concepto de carne	5
1.2 Importancia del consumo de carne de cerdo	5
1.3 Propiedades nutricionales y fisicoquímicas de la carne de cerdo	6
1.4 Fuentes de contaminación de la carne de cerdo	10
1.5 Factores intrínsecos que modifican el crecimiento bacteriológico en la carne de cerdo	11
1.5.1 Temperatura	11
1.5.2 Agua	12
1.5.3 pH	13
1.5.4 Oxígeno	14
1.5.5 Energía	15
1.5.6 Nitrógeno	15
1.5.7 Vitaminas	15
1.5.8 Minerales	15
1.6 Factores extrínsecos que modifican el crecimiento bacteriológico en la carne de cerdo	15
1.6.1 Por material y equipo	16
1.6.2 Instalaciones	16
1.6.3 Ambiente	17
1.6.4 Personal	17
1.7 Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA)	18
1.8 Carne de cerdo y calidad	21
1.9 Las bacterias coliformes como indicadores sanitarios	23
1.10 Secuencia del proceso de despiece de medias canales de cerdo en un obrador localizado al norte de la ciudad de México	25
II.Objetivos	30

III.Material y métodos	31
IV.Análisis de resultados	37
4.1 Análisis entre días de proceso en entrecot de cerdo y cuchillas de despiece	43
4.2 Análisis entre horas de proceso en cuchillas de despiece	50
V.Discusión	59
5.1 Análisis entre días de proceso	60
5. 1. 1 Conteo de bacterias coliformes totales y fecales en entrecot de cerdo	60
5. 1. 2 Análisis del pH de entrecot de cerdo	64
5. 1. 3 Análisis de la temperatura de entrecot de cerdo	65
5. 1. 4 Conteo de bacterias coliformes totales y fecales en cuchillas de despiece	65
5.2 Análisis entre horas de proceso en el conteo de bacterias coliformes totales y fecales en cuchillas de despiece	67
VI.Conclusiones	70
VII.Recomendaciones	72
VIII.Anexos	75
Anexo 1. Toma, manejo, transporte y dilución de las muestras	75
Anexo 2. Representación esquemática de la inoculación de los tubos para la determinación de bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales	77
Anexo 3. Plan de limpieza y desinfección en cuchillas de despiece	78
IX.Bibliografía	79

RESUMEN

En gran parte de las plantas procesadoras de derivados de la carne de nuestro país, el despiece de las canales no es hecho por los empleados de las plantas, sino que es realizado por tablajeros que trabajan a “destajo”, y en estos casos, las empresas descuidan o desconocen el manejo de la indumentaria y de los instrumentos de trabajo que se emplean en este proceso. No obstante, esta rama de la industria alimentaria busca ofrecer productos seguros y de calidad, lo cual también incluye la inocuidad de éstos y su vida de anaquel, debido a que pueden servir como vehículos para la transmisión de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), especialmente de origen bacteriano. La cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales por medio de la técnica del Número Más Probable (NMP) en carne de cerdo y superficies de corte sirve como indicador de la calidad sanitaria en el proceso de despiece de canales de cerdo. Además, esta técnica se utiliza por su facilidad de realización y bajo costo. En un obrador y empacadora del norte de la ciudad de México se realizó la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales por la técnica del NMP a partir de superficies de corte que no fueron sujetas a procesos de lavado y desinfección antes del inicio del proceso y cortes de entrecot (chuleta) de cerdo. Se obtuvieron 7 muestras al inicio del proceso y en cada hora del proceso en 6 días de muestreo, hasta alcanzar un total de 42 para cada sujeto de estudio. El procesamiento microbiológico de éstas se realizó conforme a lo establecido por la NOM-112-SSA1-1994. Para su obtención y transporte, éstas se manejaron según lo mencionado por la NOM-109-SSA1-1994 y la NOM-110-SSA1-1994. La medición del pH y la temperatura se realizó en los cortes de cerdo procesados. El diseño experimental realizado fue cuantitativo, descriptivo y correlacional, no experimental y longitudinal de tendencia. A partir de los resultados, se obtuvieron medidas de media, mediana y moda para cada variable, además de la Prueba de comparación de medias de Tukey para verificar si los conteos de bacterias coliformes totales y fecales en las cuchillas de corte fueron influenciados por el día de proceso. Estos análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS[®]. Al ser convertidos los valores obtenidos en NMP/cm² a UFC/cm² conforme a lo propuesto por Harrigan

(1998), las cuantificaciones de bacterias coliformes totales y fecales encontradas en la materia prima superaron las establecidas por la NOM-145-SSA1-1995 (≥ 3 NMP/cm²); mientras que los valores obtenidos, al ser convertidos a UFC/cm² para su comparación, cumplieron con los requeridos por la NOM-194-SSA1-2004 y otros parámetros normativos internacionales (≤ 1000 UFC/cm²). La mayoría de las muestras de entrecot (79%) cumplió con los valores requeridos y recomendados por la normatividad nacional vigente referente al pH, mientras que el total de la materia prima analizada superó el valor exigido por la NOM-009-ZOO-1994 en cuanto a la temperatura de recepción. Las superficies analizadas cumplieron con los requerimientos establecidos por la NOM-093-SSA1-1994 al inicio del proceso al ser convertidos los valores obtenidos en NMP/cm² a UFC/cm² (≤ 200 UFC/cm²), de acuerdo con lo propuesto por Harrigan en 1998); sin embargo, este límite crítico fue rebasado a partir de la hora 1 y hasta terminar el muestreo en los 6 días. Se encontró que la hora de proceso pudo influir sobre los conteos de bacterias coliformes totales en las superficies analizadas, mostrando un valor de varianza bajo ($p \leq 0.05$), hecho corroborado con la Prueba de comparación de medias de Tukey, en donde se halló que al inicio del proceso se presentaron los menores conteos ($p = 0.064$), encontrándose los mayores en las horas 6 y 7 ($p = 0.816$). A partir de lo anterior, se formularon recomendaciones concernientes al mejoramiento de las condiciones sanitarias del proceso de despiece.

Palabras clave: Inocuidad, Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), cuchillas de despiece, calidad, carne de cerdo, bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales, temperatura, pH.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 CONCEPTO DE CARNE

Con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994 “Proceso Sanitario de la Carne”, carne se define como “la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano” (NOM-009-ZOO-1994), posterior al proceso de *rigor mortis* (rigidez cadavérica). En general, la cantidad de carne contenida en una canal de cerdo equivale al 75% de su peso corporal (Carballo, 2001).

1.2 IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE CARNE DE CERDO

Como se observa en la Tabla 1, la disponibilidad per cápita de carne de cerdo en México, entre los años 2000 y 2005 aumentó de los 13.4 hasta los 15.3 kg/habitante/año (SAGARPA, 2007), por ello es su importancia como uno de los productos pecuarios más consumidos por los mexicanos, tanto por cuestiones propias de su cultura como por su fácil acceso a los mercados de distribución y, por lo tanto, de una amplia existencia de medios de venta al consumidor final (producto fresco y procesado).

Año	Bovino	Porcino	Ave	Ovino	Caprino
2000	15.9	13.4	20.2	0.9	0.4
2005	15.5	15.3	26.3	0.8	0.4

Fuente: SAGARPA, 2007. Adaptado por Rosas-Sierra A, 2008.

La importancia del consumo de carne de cerdo en la dieta humana también radica en que contiene un alto porcentaje de proteína, como se muestra en la Tabla 2, y que se encuentra expresado en su valor biológico, que es la capacidad de un alimento proteico de reponer la cantidad de proteína consumida por un organismo vivo. El valor biológico de la carne de cerdo varía entre 74 y 75% (Cheftel, 1989; Guil-Guerrero, 2001; Varnam, 1998).

1.3 PROPIEDADES NUTRICIONALES Y FISICOQUÍMICAS DE LA CARNE DE CERDO

En cuanto a sus propiedades nutricionales, la carne de cerdo se encuentra compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 2: Componentes de la carne de cerdo, por cada 100 g		
Componente	Cantidad g	Elementos importantes
Agua	48	Da características físicas como color, textura, firmeza y pH final.
Lípidos	37.8	
De los cuales:		
• Saturados	13.75	Ácido palmítico, ácido esteárico, ácido mirístico.
• Poliinsaturados	3.64	Ácido linoléico, ácido linolénico, ácido araquidónico.
• Monoinsaturados	16.22	Ácido oléico, ácido palmitotélico
Proteínas	13.4	Miosina, actina (F y G), tropomina, tropomiosina, mioglobina, colágeno.
Carbohidratos	0.8-1	Glucógeno, glucosa-6-fosfato.
Sustancias nitrogenadas no proteicas	1.5	Creatina, creatinina.
Cenizas (minerales)	1	Fósforo, potasio, magnesio, selenio.

Modificado de: López-Vázquez, 2004; Carballo, 2001, y Muñoz-De Chávez, 2004, por García-López E. y Rosas-Sierra A, 2008.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) menciona que para que un ser humano realice sus actividades metabólicas y físicas básicas requiere de una ingesta mínima de 30 g de proteína de origen animal por día, que puede aumentar hasta los 60 g diarios, dependiendo del peso, la talla, el sexo y las actividades que realice. En muchos casos, este consumo puede aumentar en un promedio de 12 g adicionales, en el caso de mujeres en estado de gestación y/o lactación (Latham, 2002). En 100 g de carne de cerdo, se puede obtener 19% de proteína, con lo que pueden cubrirse parte de sus requerimientos para las actividades básicas. Su contenido en aminoácidos esenciales es alto, y de entre ellos se pueden destacar la lisina, la treonina, la metionina y el triptofano.

Arginina	12.2	Leucina	14.5	Treonina	8.9
Cisteína	2.6	Lisina	19.7	Triptofano	2.3
Histidina	8.9	Metionina	5.6	Tirosina	7.6
Isoleucina	9.2	Fenilalanina	7.9	Valina	9.9

Fuente: Varnam, 1998.

En una dieta de 2000 calorías, una ración de 90 g de carne de cerdo contribuye con menos del 10% de las calorías totales; sin embargo, como se muestra en la Tabla 4, proporciona el siguiente porcentaje de nutrientes del total de la dieta.

Nutrimento	%	Nutrimento	%	Nutrimento	%
Selenio	69	Niacina	20	Zinc	15
Tiamina	53	Riboflavina	19	Potasio	11
Vit. B ₁₂	33	Vit. B ₆	18	Hierro	7
Fósforo	22			Magnesio	6

*En una ración de 90 g de carne de cerdo
Fuente: McNeill, 2006.

Actualmente, el papel de la carne de cerdo como alimento funcional, que es definido por Farrés e Inurreta (2006) como “cualquier alimento que, además de su aporte de nutrimentos, tiene un impacto positivo en la salud física o mental del individuo”, ha cobrado una gran importancia, debido a que aporta nutrientes relacionados con la prevención de enfermedades crónico degenerativas en el humano, como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5: Componentes funcionales en la carne de cerdo	
Componente	Funciones
Ácido linoleico conjugado (CLA)	Antioxidante, antimutagénico, disminuye colesterol y grasa corporal, inhibe metástasis, aumenta masa magra, aumenta respuesta inmune
Ácidos grasos ω -3	Inhibe precursores químicos relacionados con inflamación, replicación celular, regula respuesta inmune y presión sanguínea, restablece perfil lipídico.
Proteína	Fomenta baja de peso, mejora saciedad.
Antioxidantes (péptidos, aminoácidos, carotenoides, catalasa, selenio, carnosina, anserina)	Quelantes de metales, captación de radicales, formación de glutatión peroxidasa que funciona como antimutagénico.

Modificado de Carvajal, 1997; Farrés, 2006; McNeill, 2006; Pokorny, 2005; Sinclair, 2000, y Valenzuela, 1999.

Respecto a las propiedades fisicoquímicas, se puede señalar que la carne de cerdo fresca sin procesar, presenta los siguientes valores:

1. pH: 5.9-6.8 (NMX-FF-081-SCFI-2003).
2. Aw: 0.98-0.99 (Mossel, 1985).
3. Eh: +225 mV (Mossel, 1985).
4. Temperatura recomendada a la recepción: 0-4°C (SAGARPA, s/a; NMX-FF-081-SCFI-2003; NOM-194-SSA1-2004)

Los factores anteriores pueden modificarse tanto *ante mortem* como *post mortem*. Entre los primeros se encuentran sexo, edad, talla, condiciones de transporte y recepción del animal en la planta de sacrificio, entre otros, y los segundos, se presentan durante el proceso de *rigor mortis* (Prändl, 1994).

1.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA CARNE DE CERDO

La contaminación, entendido por ello como la existencia de agentes extraños o ajenos al alimento, sean de naturaleza física, química o biológica (López-Pérez, 2005a), se presenta a partir de 3 orígenes (Herrero-Alaña, 1996; Lelieveld, 2003), clasificados de acuerdo con su naturaleza (Moraes, 2001):

a. Físicos. Comúnmente se le conoce como presencia de cuerpos extraños, y puede provenir de diversas fuentes (Herrero-Alaña, 1996; Lelieveld, 2003), como por ejemplo:

- Metales, que pueden adquirirse en el momento de la transportación del animal, durante el sacrificio de este o bien durante su despiece.
- Plásticos.
- El personal como vehículo de estos contaminantes, el cual puede hacerlo al manipular el producto si se utiliza joyería, accesorios personales, entre otros elementos como parte de su arreglo.
- Instalaciones inadecuadas o con mantenimiento deficiente, por medio de pintura cuarteada, cristales de la iluminación, entre otros.

Estos objetos pueden causar daño físico al consumidor, al ser ingeridos vía oral, y se puede manifestar en ruptura de dientes o heridas en la boca (Moraes, 2001).

b. Químicos. Normalmente se encuentran en bajas cantidades, pero suponen un peligro a largo plazo en el consumidor por su efecto acumulativo, ya que causa resistencias ante los medicamentos, reacciones alérgicas (Herrero-Alaña, 1996; Lelieveld, 2003) o toxicidad al organismo. Se origina a partir de diversas fuentes:

- Productos químico farmacéuticos: Antimicrobianos (antibióticos y quimioterapéuticos), antiparasitarios, promotores del crecimiento.
- Insecticidas y plaguicidas.
- Metales pesados.
- Productos de limpieza y desinfección.
- Maquillaje proveniente del personal.
- Aditivos alimentarios.

- c. Biológicos. Estos implican un mayor riesgo en la industria alimentaria, por ser un peligro inmediato hacia el consumidor (Herrero-Alaña, 1996; Lelieveld, 2003) dado que los alimentos sirven como vehículo para la presentación de enfermedades, las cuales son conocidas como Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), concepto que se presenta en la página 19. Por ello es importante saber que los peligros biológicos para la contaminación de la carne de cerdo son de tres tipos:
- Virus, como lo es el de la Hepatitis A, que se presenta sobre todo en alimentos crudos (Contreras-Ramírez, 2005).
 - Parásitos, como lo son *Trichinella spiralis* y *Taenia solium* (Contreras-Ramírez, 2005).
 - Bacterias, que en este caso ocupan el 95% de las causas de contaminación de los alimentos (López-Pérez, 2005a).

1.5 FACTORES INTRÍNSECOS QUE MODIFICAN EL CRECIMIENTO BACTERIOLÓGICO EN LA CARNE DE CERDO

Debido a que la mayor parte de las ETA se originan por contaminación bacteriana, se deben conocer los factores que afectan su desarrollo y crecimiento, por lo cual a continuación se describen las necesidades que tienen estos microorganismos en un sustrato como lo es la carne de cerdo:

1.5.1 Temperatura.

Se considera un factor determinante dado que facilita las reacciones propias de alteración de la carne si ésta se almacena durante largos periodos de tiempo a temperatura ambiental, y bajo estas condiciones, los microorganismos requieren ciertos rangos de temperatura para su desarrollo.

Las bacterias, con base en sus necesidades de temperatura de crecimiento, se clasifican en 4 grupos (citado por López-Pérez, 2005a; Vite-Pedroza, 2001):

- a. Psicrótrofas. Crecimiento de -5 a -35°C , óptima a los -27°C .
- b. Psicrófilas. Su desarrollo se realiza a temperaturas de entre 5 y 30°C , con un promedio de 17°C .
- c. Mesófilas. Se desarrollan a temperaturas de entre 20 y 47°C , y un óptimo de 37°C .
- d. Termófilas. Crecen a una temperatura óptima de 45 a 70°C , y un promedio de 70°C .

El grupo con mayor interés dentro de la microbiología de los alimentos se encuentra en los mesófilos, ya que en él se ubican la mayor parte de los géneros y especies que originan la contaminación de los alimentos.

En condiciones normales, la carne fresca debe tener una temperatura de entre 0 y 4°C (NMX-FF-081-SCFI-2003; NOM-194-SSA1-2004: SAGARPA, s/a).

1.5.2 Agua.

Sin este elemento, las actividades de desarrollo y de crecimiento de los microorganismos se limitan o bien se detienen. Los requerimientos de agua para las bacterias se hallan expresados en términos de actividad de agua, coeficiente de actividad de agua libre o A_w (agua no ligada a las moléculas propias del alimento) en el microambiente.

Los géneros bacterianos que participan en la contaminación de los alimentos presentan rangos de A_w superiores a 0.91 (Jay, 2005), y específicamente, las enterobacterias requieren valores mínimos de A_w de 0.95 (Fehlhaber, 1995).

Las carnes frescas sin procesar presentan un valor mínimo de Aw de entre 0.98 y 0.99, lo cual las hace un medio propicio para el desarrollo y multiplicación bacterianos (citado por López-Pérez, 2005a).

1.5.3 pH.

La acidez de los alimentos se mide con base en la concentración de hidrogeniones que contengan, expresada como potencial de hidrogeniones (pH), el cual va desde 0 (muy ácido) hasta 14 (muy alcalino), siendo 7 el pH neutro (Moraes, 2001). Las bacterias presentan rangos específicos de pH, creciendo mejor en medios neutros; además, el pH ejerce un gran efecto sobre el crecimiento de los microorganismos dentro de un sustrato, como lo es la carne (Ray, 2001), dando lugar a que sea un factor que pueda delimitar la composición de la microflora de la carne (Fehlhaber, 1995).

En algunos casos, los valores del pH de la canal varían dependiendo de la raza del animal, del sexo, de la alimentación y del estrés *ante mortem*. Los valores de pH en la carne de cerdo *post mortem* varían entre 5.9 y 6.8 (NMX-FF-081-SCFI-2003), que a su vez, permiten la multiplicación bacteriana de la mayoría de las especies coliformes, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Necesidades de pH para el crecimiento de bacterias coliformes		
Microorganismo	pH mínimo	pH máximo
<i>Escherichia coli</i>	4.0-4.6	9.0
<i>Citrobacter sp.</i>	4.2-4.8	N/D
<i>Hafnia sp.</i>	4.2-4.6	N/D
<i>Klebsiella sp.</i>	4.2-4.4	N/D
<i>Serratia sp.</i>	4.0-4.8	N/D

Fuente: Fehlhaber, 1995.

1.5.4 Oxígeno.

Con base en sus necesidades de oxígeno, las bacterias se agrupan en 4 tipos (citado por López-Pérez, 2005a):

- a. Aerobias estrictas. Necesariamente requieren oxígeno para su crecimiento.
- b. Anaerobias. No requieren de oxígeno para su crecimiento.
- c. Anaerobias facultativas. Pueden crecer en ausencia de oxígeno, o bien en condiciones en las cuales se presente.
- d. Microaerófilas. Crecen en presencia de bajas concentraciones de oxígeno.

Los géneros y especies de interés para el presente estudio se clasifican dentro del grupo de bacterias anaerobias facultativas, las cuales, dependiendo del medio en el que se encuentren, como en este caso la carne, pueden crecer tanto en el interior como en el exterior, aunque se debe aclarar que durante los procesos de despiece únicamente se encontrarán en la superficie de la carne (Marriott, 2003).

Estas necesidades de oxígeno de los microorganismos pueden medirse como potencial de óxido reducción o potencial redox (E_h), que es la capacidad del sustrato para ceder o aceptar electrones de oxígeno, los cuales determinan las relaciones necesarias de oxígeno para la supervivencia de los microorganismos (ICMSF, 1985).

Tabla 7. Potencial Redox (E_h) en la carne y derivados de la carne			
Alimento		Acceso aire	E_h (Mv)
Músculo	Crudo picado	+	+225
	Picado cocido	+	+300

Citado por: López-Pérez, 2005a.

1.5.5 Energía.

Las bacterias utilizan carbohidratos, como glucógeno y alcoholes obtenidos de la carne, y lípidos para la obtención de energía (Jay, 2005).

1.5.6 Nitrógeno.

Se obtiene a partir de nitrógeno proteico, como son los aminoácidos y los albuminoides presentes en la carne (colágeno) (Ray, 2001).

1.5.7 Vitaminas.

La carne contiene una alta cantidad de vitaminas del complejo B, que a su vez son empleadas por las bacterias para su crecimiento y desarrollo (Jay, 2005).

1.5.8 Minerales.

La carne de cerdo contiene una considerable cantidad de minerales, entre ellos potasio, fósforo, magnesio y selenio, los cuales también sirven como sustrato para el crecimiento microbiano (Jay, 2005).

1.6 FACTORES EXTRÍNSECOS QUE MODIFICAN EL CRECIMIENTO BACTERIOLÓGICO EN LA CARNE DE CERDO

Los tejidos animales, a excepción de la superficie externa y los tractos digestivo y respiratorio, contienen una baja cantidad de microorganismos, debido a que los mecanismos de defensa del animal controlan a estos agentes en animales vivos, pero este control se inhibe *post mortem* (ICMSF, 1985; Marriott, 2003).

La contaminación microbiológica de la carne de cerdo puede provenir de diversas fuentes:

1.6.1 Por material y equipo.

Si no se realizan programas de limpieza y desinfección rutinarios en mesas de despiece, cintas transportadoras, sierras y cuchillas de despiece, se almacena una gran cantidad de bacterias, los cuales a su vez permiten desencadenar la multiplicación bacteriana en éstos y que sean transmitidos hacia otras canales (Marriott, 2003; Prisma Centro de Formación, 2003; Schmidt, 2003), funcionando como fuente continua de contaminación de la materia prima que se esté procesando (Ray, 2001; Zamudio-Maya, 2006).

La formación de biopelículas o biofilmes en material y equipo tiene una gran importancia entre los factores extrínsecos que favorecen la contaminación de los alimentos. Este concepto se refiere a la formación de una capa a la cual los microorganismos se adhieren en una superficie, dificultando su eliminación de los equipos e instalaciones utilizados en la industria alimentaria mediante agentes de limpieza y desinfección, y se relaciona con la vida útil de los productos procesados y la transmisión de enfermedades. Masana y Rodríguez (2006) mencionan que las bacterias se adhieren y forman las biopelículas por dos mecanismos: (I) Mediante fuerzas de Van Der Waals presentan interacción electrostática con la superficie, que puede ser reversible; (II) Formación de exopolisacárido extracelular que une a las bacterias entre sí y con la superficie, que puede ser reversible dependiendo del tiempo transcurrido en su formación.

1.6.2 Instalaciones.

Una temperatura inadecuada en la sala de despiece, como lo es a más de 10°C, repercute en el crecimiento acelerado de las bacterias, siendo una de las causas más comunes de ETA (Moraes, 2001). A estas temperaturas, se sabe del

crecimiento de enterobacterias, *Micrococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Aeromonas* sp., entre otros (Zamudio-Maya, 2006), aumentando su crecimiento conforme la temperatura es mayor. La presencia de contaminantes físicos, químicos y biológicos también se puede presentar debido a un inadecuado diseño de las instalaciones, permitiendo la presencia de éstos en los alimentos.

1.6.3 Ambiente.

Dentro del ambiente pueden encontrarse elementos contaminantes en el aire y en el agua a niveles inaceptables en el alimento (Moraes, 2001) y que llegan a éste en el curso del procesado, envasado, almacenaje y preparación. Esta contaminación puede provenir del ambiente contaminado que rodee a la planta de alimentos o por prácticas higiénicas inadecuadas dentro de la planta (Marriott, 2003; Rodríguez-Trejo, 2006). La humedad relativa del ambiente incide directamente en el Aw del alimento, permitiendo el deterioro de la materia prima a través de los microorganismos; además, cuanto mayor es la temperatura, es menor la humedad relativa, y viceversa (Moraes, 2001). El efecto de la luz se encuentra directamente relacionado con la ausencia de bacterias, ya que se inhibe su crecimiento en presencia de luz; además, las radiaciones ionizantes (rayos UV) ejercen un efecto letal sobre la presencia de bacterias en el ambiente (ICMSF, 1985).

1.6.4 Personal.

La falta de Buenas Prácticas de Manufactura de alimentos (BPM) y su implementación permite que el personal haga las veces de vehículo para la contaminación microbiana en alimentos (Ray, 2001), siendo algunas veces la mayor fuente de ésta (Marriott, 2003). La contaminación puede darse por contacto o secreciones; las manos son un vehículo propicio para el almacenamiento y desarrollo de las bacterias, además de que tienen un contacto continuo con el medio circundante dentro de la sala de despiece.

1.7 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS (ETA)

En gran parte de las plantas procesadoras de derivados de la carne de nuestro país, el despiece de las canales no es hecho por los empleados de las plantas, sino que es realizado por tablajeros que trabajan a “destajo”, y en estos casos, las empresas descuidan o desconocen el manejo de la indumentaria y de los instrumentos de trabajo que emplean éstos. Ello hace ver que puede existir un riesgo para el desarrollo de un brote de ETA, que es definido por el Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos (Center for Diseases Control o CDC por sus siglas en inglés) como un incidente en el cual (I) Dos o más personas sufren una enfermedad similar después de ingerir un mismo alimento, y (II) Los análisis epidémicos señalan al alimento como el origen de la enfermedad (Moraes, 2001). Por ende, este riesgo es “la probabilidad de desarrollar enfermedad ocurrida por un peligro en un individuo en un intervalo específico de tiempo, con consecuencias a la vida y la salud humana” (Stärk, 2006).

Las ETA necesariamente se desencadenan por dos factores (Prändl, 1994):

- a. Contaminación primaria, que es toda aquella que se presenta por el contacto de los microorganismos que ingresan al animal vivo, como en el caso de una enfermedad o una inadecuada manipulación del animal durante la secuencia de sacrificio.
- b. Contaminación secundaria, que es toda aquella presente posterior al sacrificio, y puede darse mayormente por la ausencia de BPM durante las tareas de acondicionamiento de la materia prima en las procesadoras de alimentos.

Los factores mencionados anteriormente se encuentran directamente asociados con la seguridad alimentaria, y el primer término que se debe relacionar a esto es el de inocuidad, que se refiere a que el alimento no cause daño al consumidor. La necesidad de que un alimento sea inocuo se encuentra en el hecho de que puede ser un vehículo propicio para la transmisión de enfermedades potencialmente peligrosas para el consumidor, y debido a que, en el contexto del comercio

internacional, los consumidores exigen alimentos libres de contaminantes e incapaces de transmitir enfermedades. Debe destacarse que dentro de la 31ª Asamblea Mundial de la Salud se adoptó una resolución en la que se pedía a la OMS y sus estados miembros que reconocieran la inocuidad de los alimentos como función esencial de la salud pública, con el fin de establecer sistemas sostenibles e integrados para la reducción de los riesgos para la salud a lo largo de toda la cadena alimentaria (FAO/OMS, 2002). Ante ello, nuestro país, a través de las Secretarías de Economía, de Salud y de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación han reforzado las medidas concernientes al seguimiento de la seguridad alimentaria, y por ende, de la inocuidad de los alimentos.

Las ETA originadas a partir de la carne presentan una alta tasa de morbilidad, independientemente del origen microbiológico que tengan. En nuestro país, en el año 2003, se reportaron oficialmente ante la Secretaría de Salud (SSA) 5'540,570 casos de infecciones intestinales por agentes bacterianos, virales y parasitarios (Signorini, 2007). Sin embargo, con base en lo afirmado por expertos en el tema, muchos de los casos no son reportados, señalando que por cada caso reportado existen al menos 10 que no lo son, por lo que los números mencionados anteriormente pueden verse incrementados considerablemente (López-Pérez, 2005*b*), con lo cual se estima que en México se presentan 257 millones de casos de gastroenteritis causadas por el consumo de alimentos, lo que equivale a 2.5 episodios al año por persona (Signorini, 2007).

Las ETA pueden actuar de tres formas en el organismo: (I) Por infección, a través de virus, parásitos y bacterias (mayormente estas últimas); (II) Por intoxicación con toxinas o venenos de bacterias o mohos, e (III) Infección mediada por toxinas, que al ser consumidas por el organismo, se liberan causando daño en éste (Contreras-Ramírez, 2005; Moraes, 2001; Rodríguez-Trejo, 2006). El desarrollo de las ETA y el daño que provocan no se da por la sola presencia del agente involucrado, sino también se encuentran delimitados por el estado inmune del hospedador, por lo cual

la respuesta inmune puede ser mediada por parte del hospedador o por parte del agente (Casadevall, 1999).

Muchos países están registrando importantes aumentos de ETA. Ello hace notar que los sistemas de inocuidad de los alimentos no están a la altura de los cambios ocurridos en los riesgos microbiológicos y químicos, por lo cual esto se traduce en enormes pérdidas económicas, tanto en la población afectada como en los procesos industriales relacionados con la elaboración de los alimentos (López-Pérez, 2005*b*), mayormente en países en vías de desarrollo, y el tratamiento de estas enfermedades supone un gasto importante para los servicios de salud de dichos países (Hernández-San Juan, 2007). Cabe notar que en México se realizó en 2003 un estudio acerca del impacto económico de las ETA causadas por intoxicaciones intestinales, y se encontró que su costo total anual fue de más de 2,400 millones de pesos (mdp), distribuidos de la siguiente manera: 1,107 mdp por costos directos (gastos médicos y operativos de los centros de salud) y 1,377 mdp por costos indirectos (ausencias laborales, pago de incapacidades, disminución de productividad) (Signorini, 2007).

Por ello, la seguridad alimentaria, entendida también como inocuidad, juega un papel esencial dentro del desarrollo tanto social como económico de nuestro país, lo cual se ve mayormente reflejado en el estado de salud de la población en general y su capacidad de acceder a bienes de consumo básicos, entre los cuales se destaca el consumo de la carne de cerdo. Sin embargo, la seguridad alimentaria se ve amenazada por diversos factores, como lo son las políticas económicas supeditadas a la ignorancia del beneficio social y la acentuación de la pobreza (Torres, 2001). Este último factor se ha manifestado en gran medida a lo largo de los años, ya que no permite la adquisición de productos de mejor calidad al priorizar la satisfacción de comer sobre la de alimentarse adecuadamente.

Afortunadamente se cuenta con herramientas tanto sanitarias como administrativas para el control del procesamiento de alimentos para consumo humano, como los son

las BPM y el Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP por sus siglas en inglés) (López-Pérez, 2005b), que a su vez también se complementan con los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) (Moraes, 2001), con la finalidad de ofrecer un producto de calidad para el consumidor.

1.8 CARNE DE CERDO Y CALIDAD

Actualmente, las directrices en las empresas de bienes y servicios se encuentran regidas por el ofrecimiento de productos de calidad. Este concepto, con base en lo citado por la Organización Internacional para la Normalización (International Organization for Standardization o ISO, siglas convencionales adoptadas provenientes de la palabra griega *isos*, que significa igual) (López-Pérez, 2005b), es “la totalidad de los atributos y características de un producto o servicio que se ubican por arriba de su habilidad para satisfacer necesidades establecidas o implícitas” (ISO 8402 en Haider, 2001), y le permite diferenciar entre productos similares (Rubio-Lozano, 2007).

La calidad de la carne puede definirse desde los siguientes puntos de vista (Rubio-Lozano, 2007):

- a. Calidad sanitaria e inocuidad, que son una prioridad en la cadena industrial, y deben ser exigidas en primer lugar, ya que un defecto en este sentido impedirá la comercialización del producto. La carne debe ir libre de contaminación microbiana, gozar de una adecuada vida de anaquel y estar libre de sustancias residuales.
- b. Calidad nutricional, con base en lo descrito anteriormente en el punto 1.3.
- c. Calidad de servicio, la cual se encuentra relacionada con la facilidad de empleo por el consumidor, su aptitud culinaria, disponibilidad y precio.
- d. Calidad de presentación. El desarrollo de nuevos productos varía la calidad de la carne y la intención de su compra.

- e. Calidad tecnológica. Se relaciona con su aptitud para ser transformada y conservarse (formar emulsiones, ligar grasa, mejoramiento de la viscosidad, entre otros).
- f. Calidad comercial. Abarca las características percibidas por los sentidos al momento de la compra o consumo, influyendo en la satisfacción sensorial. Estas características son intrínsecas a la propia naturaleza de la carne y determinantes durante su procesamiento productivo-tecnológico.

El consumidor evalúa la calidad de la carne tomando en cuenta estos factores (Rubio-Lozano, 2007):

- a. Organolépticos: Color, olor, sabor, ternura, succulencia, jugosidad, satisfacción y condicionamiento psicossomático al momento del consumo.
- b. Apariencia: Forma, masa y color de la porción de carne a consumir, y consistencia de la grasa.
- c. Composición: Importancia del músculo del que se obtiene la carne, del hueso y de los residuos que quedan en el plato después del acto de consumo.

Estas preferencias no son apreciadas de la misma manera por los consumidores y varían entre países, regiones, e incluso clases sociales (Rubio-Lozano, 2007).

Los factores que influyen en la calidad de la carne son *in vivo*, como son raza, sexo, edad del cerdo, peso de la canal, contenido de grasa subcutánea, conformación de la canal, relación músculo/grasa/hueso, y cambios *post mortem* (Guerrero-Legarreta, 2007), ocurridos sobre todo en el proceso de *rigor mortis*.

La calidad de la carne de cerdo es medible a través de pruebas fisicoquímicas: pH, temperatura, color, textura, consistencia de la grasa y capacidad de retención de agua (CRA), dado que determinan su vida de anaquel. Las pruebas microbiológicas permiten saber si un alimento es inocuo, y son aplicables con la finalidad de evitar la transmisión de ETA y evaluar las BPM aplicadas en la planta al producto terminado.

1.9 LAS BACTERIAS COLIFORMES COMO INDICADORES SANITARIOS

Los microorganismos indicadores en un alimento no representan un peligro para la salud; sin embargo, se usan para señalar la presencia de un posible peligro para ésta. Estos indicadores deben ser detectables con facilidad y rapidez y poseer un valor interpretativo (Moraes, 2001; Puig-Durán, 2002).

También proveen información que permite el uso, implementación y mantenimiento tanto de programas de BPM como de HACCP (McMeekin, 2003), el mantenimiento de la vida de anaquel del producto y su utilidad para un propósito en particular (Zamudio-Maya, 2006).

Comúnmente se utilizan microorganismos indicadores para reflejar la calidad microbiológica de los alimentos, que también revelan defectos en el tratamiento aplicado a los mismos durante los procesos que se realizan. Actualmente estos indicadores involucran la detección de bacterias entéricas, entre otras, bacterias coliformes totales y fecales, debido a que manifiestan generalmente una contaminación directa o indirecta de origen fecal, por prácticas de manufactura inadecuadas (Moraes, 2001).

La detección de bacterias coliformes totales y fecales por medio del número más probable o dilución en tubo es una de las pruebas que deben realizarse en el caso de sospechar que un lote de alimentos se encuentra contaminado (ICMSF, 2000; Ray, 2001), o bien revelar prácticas no sanitarias, las cuales pueden llevar consigo un peligro potencial al consumidor (Puig-Durán, 2002; Vargas-García, 2001). Al ser aplicadas correctamente, se pueden utilizar como mecanismo para asegurar la calidad y seguridad de los alimentos, lo cual a su vez aumenta la confianza del consumidor (Zamudio-Maya, 2006).

Las bacterias coliformes, totales y fecales, tienen significado sanitario y, por lo tanto, tienen un mayor interés en el análisis microbiológico de los alimentos (Puig-Durán,

2002). Además, como se puede apreciar en la Tabla 8, la contaminación de alimentos por coliformes ocupa un alto grado de importancia.

Tabla 8. Grado de importancia de los alimentos como vehículos de ETA bacterianas al humano y formas de control

Enfermedad	Contaminación		Control de la contaminación		
	Endógena	Exógena	Verificación	Saneamiento ambiental y personal	Refrigeración
Salmonelosis	+	+++	+	+++	+
Tifoidea	-	+	-	+++	+
Intoxicación estafilocócica	+	+++	+	+++	+++
Botulismo	-	+++	-	+++	+++
Coliformes	-	+++	-	+++	+++
<i>Proteus</i> sp.	-	+++	+	+++	+++
Shigelosis	-	+	-	+++	+
Cólera	-	+	-	+++	-
Estreptocócicas	+	+++	+	+++	+
Difteria	-	+	-	+++	-
Brucelosis	+++	+	-	+	-
Vibriosis	+	-	-	+	-
Tuberculosis	+	+	+++	+	-

(+++) Importancia mayor; (+) Importancia menor; (-) Importancia no probada.

Adaptado de: Vargas-García, 2001.

Las bacterias coliformes son microorganismos de forma bacilar, Gram (-), anaerobios facultativos, no esporulados, móviles o no, que fermentan lactosa produciendo ácido y gas manifiesto en las campanas de fermentación (Durham) a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ en un máximo de 48 hs, en un medio de cultivo selectivo, que en este caso es el caldo lauril sulfato de sodio (NOM-112-SSA1-1994). Este conjunto de microorganismos, con

base en sus requerimientos de temperatura, se clasifican dentro del grupo de mesófilos (NOM-112-SSA1-1994; Puig-Durán, 2002), a su vez compuesto por cuatro géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, con la inclusión ocasional de algunos biotipos de *Hafnia*, *Erwinia* y *Serratia*.

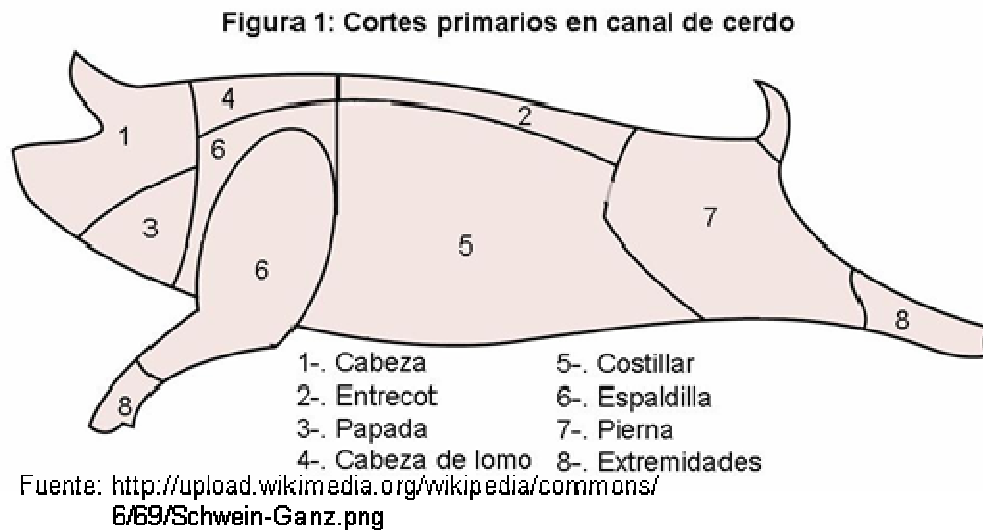
Para confirmar la presencia de bacterias coliformes fecales, se procede a tomar una muestra de 1 ml a partir de los tubos positivos a la detección de microorganismos coliformes totales, la cual se deposita en caldo EC (*Escherichia coli*), examinando la producción de gas en las campanas de fermentación después de su cultivo a 45.5°C por 48 horas (Feng, 2002). Bajo estas condiciones, el 90% de los cultivos son positivos a *Escherichia coli*, mientras el 10% restante, pertenecen a cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella* (Moraes, 2001).

1.10 SECUENCIA DEL PROCESO DE DESPIECE DE MEDIAS CANALES DE CERDO EN UN OBRADOR LOCALIZADO AL NORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El proceso de despiece de la canal de cerdo difiere ampliamente respecto al realizado en otras especies de abasto ya que se debe considerar que la mayor parte de las piezas obtenidas de ella son comestibles, por cuestiones culinarias y culturales propias de los mexicanos. El concepto de canal de cerdo, establecido por la Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003, se define como “al cuerpo del animal sacrificado humanitariamente, sin pelo o cerdas, eviscerado, con cuero y extremidades, abierto a lo largo de la línea media, sin médula espinal, separada la cabeza del cuerpo por la articulación occipito-atloidea y con la cabeza adherida por los tejidos blandos al resto del cuerpo”.

A nivel mundial, el despiece de las canales de porcino se realiza con base en el destino que se dará a las piezas y al equipamiento con el que se cuente (Prändl, 1994). En nuestro país, este proceso se realiza de forma manual, comenzando con la

separación de cabeza, piel, grasa del vientre, pierna, espaldilla, lomo, costillar, papada y extremidades. A partir de lo anterior, los cortes primarios obtenidos de las canales de cerdo son los siguientes (NMX-FF-081-SCFI-2003):



El resto de las piezas comprendidas en la canal (extremidades, piel, grasa, papada, cabeza), se emplean para la elaboración de productos derivados, o bien, pueden ser consumidos directamente.

En este obrador regulado por la Secretaría de Salud, para un total de 65 canales, el proceso de despiece se efectúa en un tiempo promedio de 5 hs 30 min, de la siguiente forma:

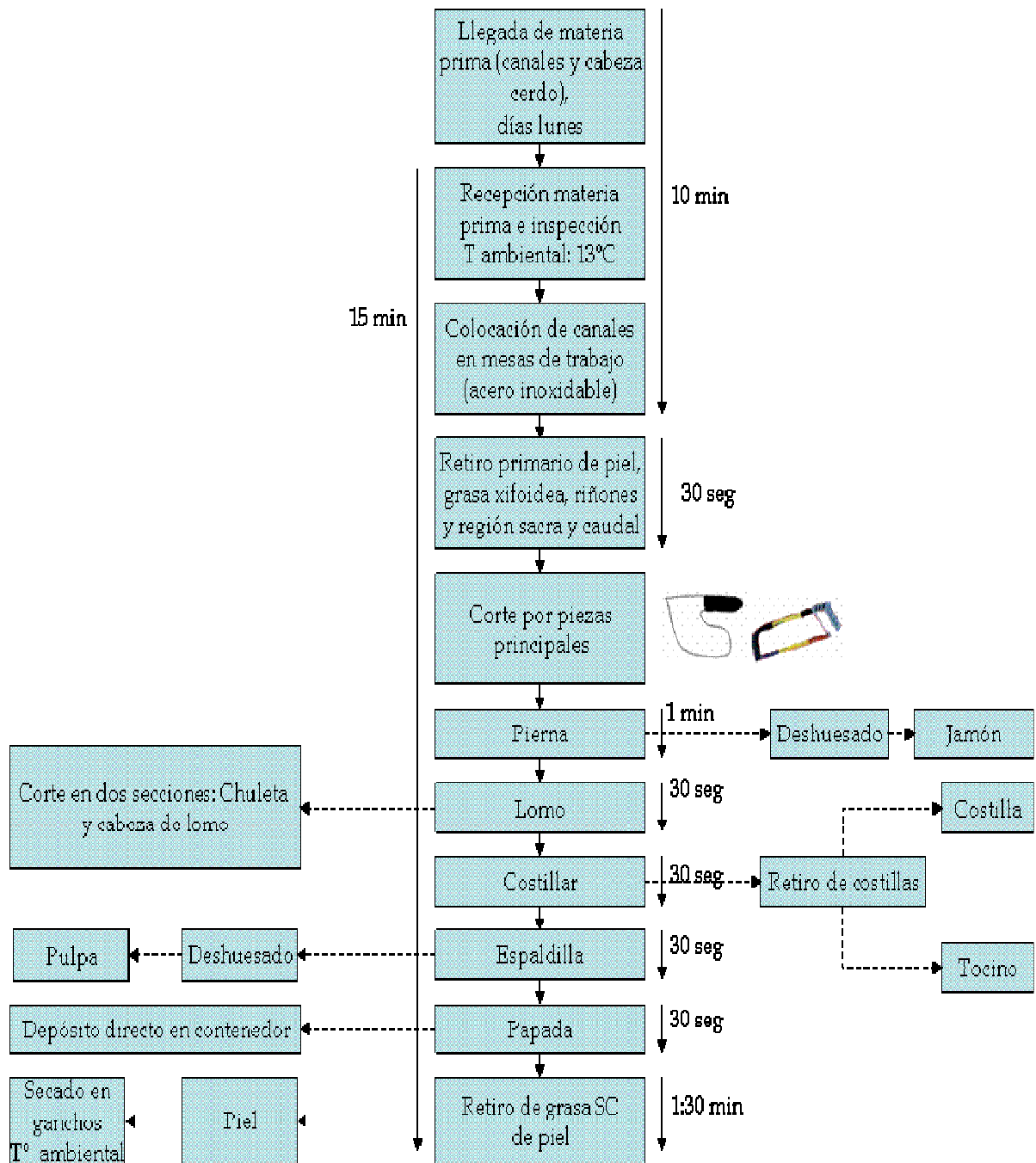
1. Las canales son transportadas en un camión carente de refrigeración, siendo descargadas inmediatamente al llegar al obrador, teniendo una temperatura promedio de 16.4°C. Estas canales se exponen a la temperatura ambiente de la sala de despiece en promedio 1 h.
2. Los tiempos de proceso marcados en el Diagrama 1 para cada una de las canales varían de acuerdo con el tamaño de cada una de las mismas.
3. Cada una de las piezas cortadas es separada para su posterior procesamiento, o bien para venta al público.

4. El producto despiezado, es almacenado al final del proceso en refrigeración a 4°C hasta su uso posterior.
5. Para el proceso de despiece, se cuenta con el siguiente personal:
 - a. Dos personas encargadas de realizar cortes primarios.
 - b. Dos personas responsables de finalizar los cortes primarios, que se encargan además de deshuesar las espaldillas y costillares.
 - c. Dos personas encargadas de retirar máscaras de las cabezas.
 - d. Cuatro personas encargadas de retirar tejido muscular interóseo de cabezas.
 - e. Dos personas encargadas de realizar cortes en lomos.
 - f. Una persona encargada de deshuesar jamones
6. El personal presenta la siguiente indumentaria: Playera blanca, pantalón de colores oscuros, zapatos de calle, gorra gris o negra, mandil de algodón blanco, el cual es cubierto a su vez por un mandil de poliestireno.
7. El personal encargado utiliza los siguientes utensilios: Cuchillas para el corte de piezas primarias, que son de su propiedad (son cuadrillas eventuales que acuden una vez por semana a realizar este proceso), sierras de corte con cuerpo de acero y seguetas de acero templado, cuchillos de acero inoxidable con mango de plástico. Las cuchillas están elaboradas de acero inoxidable en su cuerpo, mientras que el mango es de madera, por eso puede fácilmente contaminarse. Además, los empleados encargados del proceso de despiece utilizan guantes de acero inoxidable.
8. El proceso de lavado de las cuchillas lo llevan a cabo las cuadrillas dedicadas a realizar los cortes primarios, en este caso en particular fueron inspeccionadas las cuchillas antes de iniciar el proceso de despiece, y se encontraron las siguientes diferencias, esencialmente en el caso del personal encargado de realizar los cortes primarios:
 - a. Uno de los trabajadores transporta sus cuchillas en bolsas de plástico, sin ser envueltas.
 - b. Otro de los trabajadores transporta sus cuchillas envueltas en papel periódico individualmente, las cuales a su vez son cubiertas con un lienzo de franela de 1.00 x 0.75 m, la cual se encuentra sucia. En este caso en particular, las

cuchillas son envueltas con el mismo papel periódico y lienzo, tanto al inicio como al final del proceso.

9. En el caso de las cuchillas de ambos trabajadores se encontró que contenían residuos de materia prima (grasa y carne); además, en el momento de que fueron tomadas al inicio del proceso de despiece de canales, dejaron al tacto residuos de grasa. Los residuos entran fácilmente a los mangos de madera debido a las hendiduras que se encuentran en la unión del cuerpo de la cuchilla con el mango y en los remaches que sujetan la totalidad de la cuchilla. Los trabajadores, durante el proceso acuden al sanitario, sin tomar las medidas higiénicas adecuadas básicas, como lo es el lavado de manos antes y después de hacer uso de los servicios sanitarios.
10. Durante el proceso se encontró que el personal come y bebe alimentos, además de que se encuentra platicando.
11. En ocasiones, el personal se limpia el sudor y/o la boca con la misma ropa de trabajo, tomando contacto indirecto con las manos.
12. Las cuchillas no son lavadas ni desinfectadas en ninguna etapa del proceso, al igual que sucede con la mesa de trabajo.
13. Las cuchillas son colocadas sobre las canales ocasionalmente, principalmente en los momentos de descanso y/o al momento de colocar nuevamente canales en las mesas de trabajo. Además, los trabajadores dejan su material de trabajo en el piso antes, durante y después de su uso.

Diagrama 1. Proceso de despiece de canales de cerdo en un obrador.



Si se han seguido de manera incorrecta los procedimientos concernientes al despiece de la canal de cerdo, se tiene por consecuencia la contaminación de ésta.

II. OBJETIVOS

a. General:

- Cuantificar el grado de contaminación microbiana por bacterias coliformes totales y coliformes fecales en el proceso de despiece de carne de cerdo en una sala de despiece de un obrador de la ciudad de México en materiales de corte.

b. Particulares:

- Cuantificar la cantidad de bacterias coliformes totales y fecales en muestras obtenidas de entrecot (chuleta) de carne de cerdo, para un solo trabajador (NOM-112-SSA1-1994).
- Cuantificar la cantidad de bacterias coliformes totales y fecales en la superficie de los materiales empleados para el corte de dicha carne (NOM-112-SSA1-1994).
- Registrar valores de pH y temperatura de la carne, con la finalidad de verificar la calidad de ésta.
- Emitir recomendaciones respecto a la implantación de buenas prácticas sanitarias y de manejo de canales de cerdo durante su manipulación en una planta de procesamiento de productos derivados de la carne.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Tipo de estudio.

Con base en la clasificación dada por Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio (2006), el tipo de estudio realizado fue de tipo cuantitativo, descriptivo y correlacional; a su vez, no experimental y longitudinal de tendencia, debido a que la obtención de muestras para su posterior procesamiento se realizó en diversas etapas de tiempo.

2. Ubicación geográfica del lugar de estudio.

El presente estudio se realizó en dos etapas:

- a. Toma de muestras: En el obrador y empacadora de productos derivados de carne, localizado en la Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal, México.
- b. Procesamiento microbiológico de muestras: UNAM-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Campo Cuatro, Laboratorio L-811 Medicina Preventiva.

3. Duración del estudio.

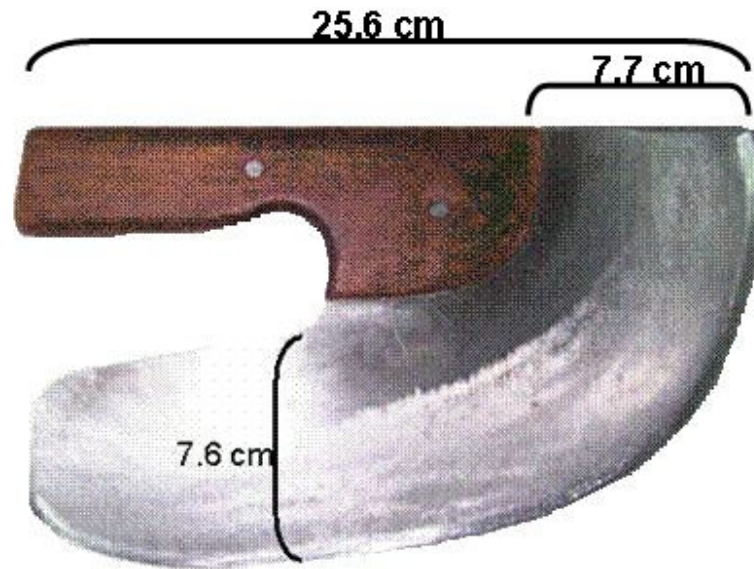
El estudio se desarrolló entre los meses de enero y septiembre de 2007.

4. Sujetos de estudio.

Se tomaron dos variables como parte del estudio:

- a. Corte primario de carne de cerdo (entrecot o chuleta), el cual se encontró más expuesto con las cuchillas durante el proceso de despiece. Las medias canales de cerdo de donde se obtuvieron las piezas, provenían de una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal, de animales sacrificados el mismo día en que se realizó el despiece.
- b. Cuchilla de despiece, que es directamente manipulada por los trabajadores del área de despiece de medias canales, y tiene las características mostradas en la Figura 1:

Figura 1: Cuchilla de despiece



Fuente: Rosas-Sierra A.

5. Cálculo del tamaño de muestra.

Con base en el tiempo de proceso de despiece de medias canales de cerdo, el manejo sanitario de las canales de cerdo y de las cuchillas de corte, el cual fue expuesto en el Capítulo 1.10, así como por la categorización de riesgo en que se clasifican los microorganismos coliformes totales y fecales (ICMSF, 1981), se llegó a la conclusión de realizar el muestreo cada hora transcurrida durante el proceso, el cual finalizaba 7 horas después de iniciado. Se programaron 8 repeticiones para el muestreo de las cuchillas de corte y se muestreó una pieza diferente de entrecot de cerdo por cada repetición realizada en las cuchillas durante 6 días, superando las recomendaciones emitidas por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en los Alimentos (ICMSF por sus siglas en inglés, 1981), las cuales mencionan que deben tenerse un mínimo de 5 muestras por elemento estudiado. Lo anteriormente descrito se muestra en la Tabla 9 y la Figura 2.

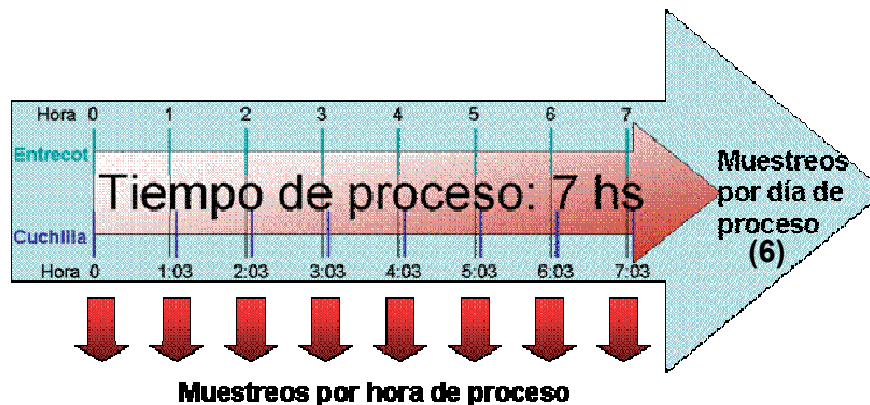
Tabla 9: Tiempos de muestreo.			
Momento de muestreo	No. Muestra	No. de pieza de entrecot	Cuchilla
Inicio del proceso	1	1*	1+
Más 1 hora	2	2+	1*
Más 2 horas	3	3+	1*
Más 3 horas	4	4+	1*
Más 4 horas	5	5+	1*
Más 5 horas	6	6+	1*
Más 6 horas	7	7+	1*
Más 7 horas, final del proceso	8	8+	1*

* Muestreo inicial

+ Muestreo posterior

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Figura 2: Muestreo de cuchillas de despique y entrecot de cerdo



Fuente: Rosas-Sierra A.

6. Tipo de variables estudiadas.

Cuantitativa discreta:

- Cuantificación de los microorganismos indicadores de contaminación microbiana (coliformes totales y fecales) durante el proceso de despique de

- carne de cerdo en un obrador de la ciudad de México a partir de los materiales de corte, por medio de la técnica del Número Más Probable (NMP) por cm².
- b. Cuantificación de los microorganismos indicadores de contaminación microbiana (coliformes totales y fecales) durante el proceso de despiece de carne de cerdo en un obrador de la ciudad de México en muestras de entrecot de cerdo, por medio de la técnica del Número Más Probable (NMP) por cm².
 - c. Registro de pH, a partir de muestras de carne de cerdo obtenidas durante el proceso de despiece de materia prima.
 - d. Registro de temperatura, en el transcurso del proceso de despiece de carne de cerdo en las instalaciones antes mencionadas.

7. Toma y manejo de muestras.

Se realizó una variante de la técnica descrita por Collins y Lyne (1999) para la toma de muestras de superficies por la “técnica de frotación”, usando bolsas de muestreo con esponjas estériles de la marca Nasco Whirl-Pak[®] (véase Anexo 1). Las esponjas se frotaron directamente sobre las superficies (entrecot y cuchilla), empleando guantes de látex estériles, esto debido a su facilidad de manejo y a que tiene la misma efectividad que si se realizara una escisión de la pieza de carne muestreada (Byrne, 2004). Las muestras fueron tomadas los días lunes, debido a que las medias canales son procesadas en el obrador este día; se transportaron y procesaron inmediatamente después de concluir los muestreos al Laboratorio de Medicina Preventiva (L-811) de la FES Cuautitlán, y fueron manejadas conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. (Ver Anexo 1).

8. Análisis fisicoquímico.

El análisis se realizó en dos etapas, con la finalidad de determinar la calidad de la materia prima con base en las recomendaciones referidas por la Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003:

- a. Medición de temperatura de las muestras de carne de cerdo. Se realizó tanto al inicio del proceso como durante cada hora antes de la toma de muestras.

Para ello, se empleó un termómetro de penetración marca Cole-Parmer® (E.U.).

- b. Determinación de pH. Se tomaron muestras de entrecot de cerdo en el inicio del proceso de despiece y después de cada hora; posteriormente, se transportaron al Laboratorio de Medicina Preventiva de la FES Cuautitlán. A su llegada, el pH fue medido con un potenciómetro marca Conductronic® 127 V, 50-60 Hz, utilizando un electrodo de penetración y cuchilla de penetración marca Hanna Instruments® (Italia).

9. Análisis bacteriológico.

Las muestras se procesaron para su preparación y dilución conforme a lo establecido por la Norma Oficial NOM-110-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Preparación y Dilución de Muestras de alimentos para su análisis microbiológico (Ver Anexo 1).

La cuantificación de bacterias coliformes totales se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable, preparando tubos en serie de tres para cada dilución con caldo lauril sulfato de sodio, que fueron incubados en estufa bacteriológica a una temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$ durante un periodo de 48 horas (ver Anexo 2).

A partir de lo anterior, y en el caso de que hubiesen tubos positivos a la presencia de bacterias coliformes totales (producción de gas) y para saber si existió la presencia de bacterias coliformes fecales en las muestras, se procedió a utilizar los parámetros establecidos por la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos de Norteamérica (Food and Drug Administration o FDA, por sus siglas en inglés), en los cuales se menciona que se debe tomar 1 ml de inóculo de los tubos positivos, y éste debe ser sembrado en caldo EC durante 48 horas a una temperatura de 45.5°C para verificar la formación de gas (Feng, 2002) (ver Anexo 2).

10. Análisis de resultados.

Los resultados se analizaron con el programa estadístico SPSS® (E.U.), de donde se obtuvieron las siguientes medidas de tendencia central:

- Media
- Mediana
- Moda

Adicionalmente, se realizó análisis de varianza (ANOVA) unidireccional y Prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia $p \leq 0.05$ para la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales en cuchillas de cerdo entre horas de proceso.

Se debe considerar que si bien se tomaron 8 muestras durante 6 días para un total de 48, durante el segundo día de muestreo únicamente se tomaron 7 muestras, arrojando un total de 47 para cada una de las variables analizadas durante todo el estudio. Con la finalidad de que los datos analizados no presentaran dispersiones amplias y errores en el análisis estadístico tratado en el párrafo anterior, se trabajó con un total de 6 datos durante 7 horas de muestreo para un total de 42 muestras, eliminando el último dato del resto de los muestreos.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se señaló en el punto 1.10, el despiece de medias canales de cerdo es secuencial y sólo se realiza una vez por semana dentro del obrador.

Las variables que se estudiaron fueron: cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales, ambas expresadas como NMP/cm² en carne de cerdo y cuchilla de despiece; temperatura (°C) y pH de la carne de cerdo.

Posteriormente, con el programa estadístico SPSS® se realizó el cálculo de media, desviación estándar y análisis de varianza para las variables: pH y temperatura de entrecot de cerdo, desarrollo de cuentas de bacterias coliformes totales y fecales en materia prima y conteo de bacterias coliformes totales y fecales en cuchillas de despiece.

Adicionalmente, se buscó establecer si hubo relación entre la variable independiente: uso de cuchillas sin limpieza previa, con cada una de las variables dependientes: desarrollo de cuentas de bacterias coliformes totales y fecales en los instrumentos de corte, empleando para ello la prueba de ANOVA unidireccional y la Prueba de comparación de medias de Tukey.

En la Tabla 10 se expresan los resultados referentes a la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales, expresadas como NMP/cm²:

Tabla 10. Cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo (carne) y cuchilla de despiece (NMP/cm²)

Semana	No. Muestra	Carne		Cuchilla	
		Col. totales	Col. fecales	Col. totales	Col. fecales
1	1	4.60	0.43	0.04	0.04
	2	11.00	11.00	4.60	4.60
	3	0.12	0.21	0.93	0.43
	4	0.12	0.23	11.00	4.60
	5	0.15	0.07	11.00	2.40
	6	1.50	0.09	4.60	0.93
	7	4.60	1.20	4.60	0.28
	8	11.00	0.93	11.00	11.00
2	1	11.00	1.50	0.04	0.04
	2	0.93	0.21	4.60	1.50
	3	4.60	4.60	2.40	2.40
	4	2.40	2.40	4.60	4.60
	5	11.00	1.50	4.60	0.43
	6	11.00	11.00	2.10	0.15
	7	11.00	4.60	11.00	1.50
3	1	2.40	0.43	0.23	0.04
	2	11.00	11.00	4.60	4.60
	3	11.00	11.00	11.00	11.00
	4	11.00	11.00	11.00	4.60
	5	11.00	2.40	11.00	11.00
	6	1.50	0.43	11.00	4.60
	7	11.00	11.00	4.60	4.60
	8	11.00	2.10	11.00	0.28

Tabla 10 (Cont)					
Semana	No. Muestra	Carne		Cuchilla	
		Col. totales	Col. fecales	Col. totales	Col. fecales
4	1	4.60	0.23	0.43	0.04
	2	11.00	11.00	11.00	11.00
	3	11.00	11.00	11.00	11.00
	4	11.00	11.00	11.00	11.00
	5	11.00	11.00	11.00	2.10
	6	11.00	11.00	11.00	11.00
	7	11.00	11.00	11.00	11.00
	8	11.00	11.00	11.00	11.00
5	1	11.00	11.00	0.04	0.04
	2	11.00	0.28	11.00	0.28
	3	0.93	0.21	4.60	0.28
	4	11.00	0.93	0.93	0.15
	5	11.00	2.10	0.93	0.15
	6	11.00	11.00	2.40	2.40
	7	11.00	1.50	11.00	11.00
	8	11.00	2.10	11.00	11.00
6	1	11.00	2.10	0.04	0.04
	2	4.60	4.60	2.40	2.40
	3	11.00	11.00	4.60	2.40
	4	1.50	2.10	0.23	0.09
	5	2.40	0.43	11.00	1.50
	6	11.00	0.20	11.00	2.40
	7	4.60	1.50	11.00	4.60
	8	11.00	4.60	11.00	0.21

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Como se puede observar en la Tabla 10, el 84% de los conteos de bacterias coliformes totales en la materia prima (34 de 47) sobrepasaron el límite máximo permitido por la Norma Oficial Mexicana NOM-145-SSA1-1995 “Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias”, que es de no más de 3 NMP/cm², esto mayormente en las horas intermedias y finales del proceso. En cambio, el 40% de las cuentas de bacterias coliformes fecales en el entrecot de cerdo (19 de 47) sobrepasaron este valor normativo.

Los resultados encontrados en los conteos de bacterias coliformes totales y fecales en las cuchillas de despiece, hace ver que al inicio del proceso de despiece el 10.6% de las cuentas de bacterias coliformes totales (5 de 47) y el 17% de las cuentas de bacterias coliformes fecales (8 de 47) se encontraron en rangos de entre 0.04 y 0.23 NMP/cm², aumentando durante y al final de la jornada de trabajo. El resto de los datos se encontraron en rangos de entre 0.93 y 11 NMP/cm².

Estas cuentas, al convertirse en UFC/cm² con base en los valores comparativos publicados por Harrigan (1998), equivalen a conteos promedio de entre 0.5 y 2 UFC/cm² y entre 230 y 480 UFC/cm², respectivamente. Estos últimos datos, por sí solos, superaron a los que la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994 “Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos” establece como límite crítico, que es de no más de 200 UFC/cm² en superficies inertes de trabajo.

Tabla 11. Cuantificación de pH y temperatura (°C) a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo

Semana	No. Muestra	pH	Temp
1	1	5.66	14.00
	2	6.32	14.00
	3	5.69	15.00
	4	6.11	14.00
	5	6.27	15.00
	6	6.63	14.00
	7	6.01	15.00
	8	6.58	14.00
2	1	6.23	20.00
	2	5.79	20.50
	3	6.32	15.00
	4	5.86	16.00
	5	5.72	23.00
	6	6.02	22.00
	7	6.04	22.00
3	1	5.60	16.00
	2	5.98	15.50
	3	5.63	16.00
	4	5.84	17.00
	5	6.26	17.00
	6	5.80	16.00
	7	6.40	16.50
	8	5.99	16.50

Tabla 11 (Cont)			
Semana	No. Muestra	pH	Temp
4	1	5.81	19.00
	2	6.22	17.00
	3	6.19	18.00
	4	5.88	18.00
	5	6.18	14.00
	6	6.34	17.50
	7	5.57	17.50
	8	5.95	17.50
5	1	6.20	15.00
	2	6.23	14.00
	3	6.06	15.50
	4	5.76	15.00
	5	5.73	15.00
	6	6.30	16.00
	7	6.47	15.50
	8	6.47	16.00
6	1	6.53	16.00
	2	6.32	16.00
	3	6.22	16.00
	4	6.33	15.00
	5	6.34	15.00
	6	6.07	16.00
	7	5.90	15.00
	8	6.08	15.50

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

En la Tabla 11 se muestran los valores de pH y temperatura registrados a partir de las muestras de entrecot de cerdo. El 21% de las muestras (10 de 47) se halló por

debajo del valor mínimo propuesto por la Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003, que es de 5.9, en tanto que el 100% de las muestras superó la temperatura recomendada o requerida para la recepción de la materia prima, que es de 4 a 7°C (NMX-FF-081-SCFI-2003, NOM-009-ZOO-1994).

Además, puede observarse que el valor de pH más bajo fue de 5.57 y el más alto fue de 6.58, mientras que el valor inferior de la temperatura tuvo una moda de 14°C en tres ocasiones, y el valor superior de esta variable fue de 23°C en una sola ocasión. En el caso de la octava medición de ambos parámetros, durante la primera semana, se puede observar que se encontró el más alto valor de pH y la más baja temperatura registrada durante el estudio.

Si bien se programaron 8 repeticiones por sujeto de estudio, se puede observar en las dos tablas anteriores, que durante el segundo día de muestreo, únicamente se realizaron siete repeticiones, esto fue debido a que existió un menor número de medias canales procesadas, lo cual redujo considerablemente el tiempo empleado para la realización de este estudio.

De los resultados obtenidos para cada una de las variables, se procedió a obtener las medidas de tendencia central y de dispersión. La Prueba de comparación de medias de Tukey fue realizada en las lecturas obtenidas para los conteos de bacterias coliformes totales y fecales en las cuchillas de despiece entre cada hora de proceso.

4.1. Análisis entre días de proceso en entrecot de cerdo y cuchillas de despiece.

Primeramente se realizó la obtención de la media y la desviación estándar para las variables: cuenta de bacterias coliformes totales y cuenta de bacterias coliformes fecales, temperatura y pH en entrecot de cerdo. Estas medidas se obtuvieron a partir

de todas las muestras, aunque hay que aclarar que durante el segundo día no se realizó el octavo muestreo (ver Tablas 10 y 11).

Tabla 12. Cálculo de media y desviación estándar para los valores de las cuentas de bacterias coliformes totales y fecales (NMP/cm²), pH y temperatura (°C) a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo entre días de proceso (muestreos)

Variable	Media	Desviación estándar	No. muestras
Coliformes totales	7.895	0.582	47
Coliformes fecales	4.706	0.605	47
pH	6.081	0.040	47
Temperatura	16.403	0.406	47

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

De lo anterior se desprende que el valor promedio de pH obtenido de las muestras fue de 6.081, y que la temperatura media de la muestra de entrecot de cerdo se encontró en los 16.4°C, además de que ésta varió en $\pm 0.4^\circ\text{C}$. Las cuantificaciones promedio de bacterias coliformes totales y fecales se mantuvieron casi uniformes.

A continuación se muestra el análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas en entrecot de cerdo.

Tabla 13. Análisis de varianza para las cuentas de bacterias coliformes totales a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo (NMP/cm²) entre días de proceso (muestreos)					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	5	194.652	38.930	2.452	0.049
Coliformes Totales	1	2922.443	2922.443	184.084	0.000
Días	5	194.652	38.930	2.452	0.049
Error	41	650.898	15.876		
Total	47	3782.771			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Como puede observarse en los datos encontrados en la Tabla 13, la diferencia de los valores obtenidos a partir de las cuentas de bacterias coliformes totales en entrecot de cerdo entre los días de proceso (muestreo) permite suponer que pudo existir influencia del día de proceso sobre los conteos de bacterias coliformes totales en las muestras de entrecot ($p \leq 0.05$).

Tabla 14. Análisis de varianza para las cuentas de bacterias coliformes fecales a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo (NMP/cm²) entre días de proceso (muestreos)					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	5	313.735	62.747	3.659	0.08
Coliformes Fecales	1	1038.391	1038.391	60.546	0.00
Días	5	313.735	62.747	3.659	0.08
Error	41	703.173	17.151		
Total	47	2067.489			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

A partir de la información contenida en la Tabla 14, se puede señalar que no existió una diferencia entre los valores obtenidos a partir del análisis de las cuentas de bacterias coliformes fecales en entrecot de cerdo respecto a los días de muestreo, debido a que no mostró significancia en la prueba ($p > 0.05$).

Tabla 15. Análisis de varianza para los valores obtenidos en la medición de pH a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo entre días de proceso (muestreo)					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	5	0.498	0.09966	1.315	0.277
pH	1	1733.801	1733.801	22877.283	0.000
Días	5	0.498	0.09966	1.315	0.277
Error	41	3.107	0.07579		
Total	47	1742.729			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Como se puede observar en la Tabla 15, los valores registrados en el pH de las muestras con respecto a la hora de proceso no mostraron diferencia para evidenciar que hayan influido en este estudio sobre el comportamiento de las cuentas microbiológicas en la carne de cerdo, ya que, como se puede ver en la Tabla 11, estos valores se mantuvieron relativamente estables durante el desarrollo del estudio. Sin embargo, estos datos no se correlacionaron con las cuentas de bacterias coliformes totales y fecales encontradas en el estudio, debido a que las muestras obtenidas de la materia prima fueron a partir de diferentes canales.

Tabla 16. Análisis de varianza para los valores registrados en la temperatura a partir de muestras obtenidas de entrecot de cerdo (°C) entre días de proceso (muestreo)					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	5	135.891	27.178	13.679	.000
Temperatura	1	12660.699	12660.699	6372.327	.000
Días	5	135.891	27.178	13.679	.000
Error	41	81.460	1.987		
Total	47	12799.500			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Con los datos anteriormente descritos, se puede observar que el día de proceso tuvo influencia sobre la temperatura de las muestras estudiadas, ya que la diferencia entre la temperatura encontrada en el entrecot de cerdo y los días de proceso fue estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$).

Tabla 17. Análisis de varianza para la cuenta de bacterias coliformes totales a partir de cuchilla de corte (NMP/cm²) entre días de proceso (muestreos)					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	5	151.572	30.314	1.564	.192
Coliformes Totales	1	2036.218	2036.218	105.065	.000
Días	5	151.572	30.314	1.564	.192
Error	41	794.602	19.381		
Total	47	3019.182			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

El análisis de varianza realizado, cuyo resultado se muestra en la Tabla 17 hace concluir que la hora de muestreo no se comportó como un factor determinante en la presentación de los conteos de bacterias coliformes totales en los instrumentos de corte, ya que la prueba estadística arriba descrita no fue significativa ($p > 0.05$).

Tabla 18. Análisis de varianza para la cuenta de bacterias coliformes fecales a partir de cuchillas de corte (NMP/cm²) entre días de proceso (muestreo)					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	5	270.519	54.104	3.913	.005
Coliformes Fecales	1	690.557	690.557	49.938	.000
Días	5	270.519	54.104	3.913	.005
Error	41	566.961	13.828		
Total	47	1547.678			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Se puede observar que la diferencia encontrada para la variable descrita en la Tabla 18 con respecto al día de muestreo fue amplia, lo cual hace considerar que las cuchillas empleadas en los días de proceso pudieron influir en el almacenamiento y desarrollo de las cuentas de bacterias coliformes fecales en este estudio. Lo anterior se sustenta dado que la prueba de análisis de varianza fue significativa ($p \leq 0.05$).

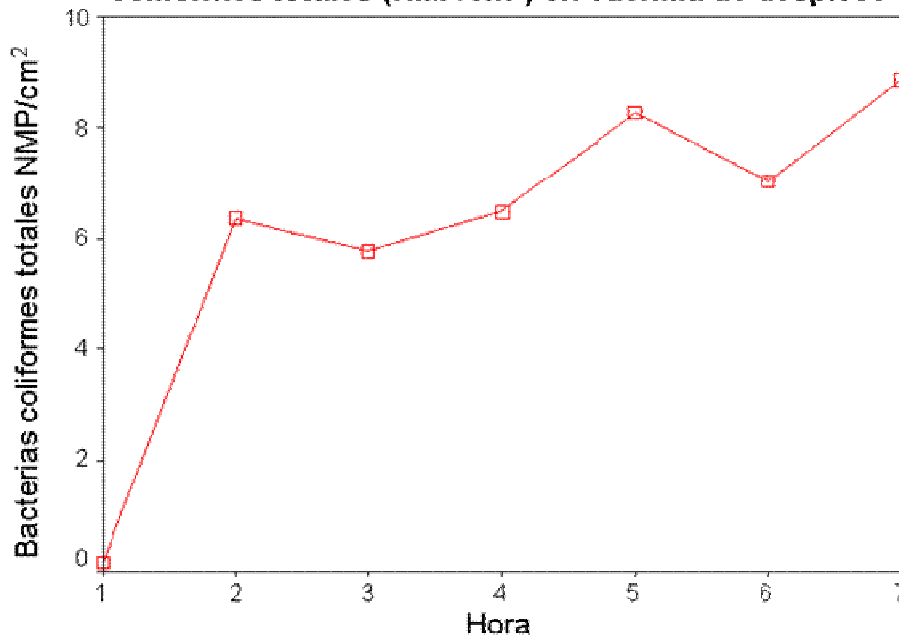
4.2 Análisis entre horas de proceso en cuchillas de despiece

En este caso únicamente se obtuvieron las medidas de tendencia central y de dispersión, análisis de varianza y Prueba de comparación de medias de Tukey para las cuentas de bacterias coliformes totales y fecales en cuchilla de despiece.

En el Gráfico 1 se pueden observar los valores de las medias de los conteos de bacterias coliformes totales en las cuchillas de despiece al inicio del proceso, haciéndose notable el aparente aumento de los conteos conforme transcurría el

proceso, pudiéndose ver que a las 3 horas posteriores de iniciado éste, se mantuvieron elevados los conteos, aumentando más después de la quinta hora.

Gráfico 1: Relación de la hora de proceso con la cuenta de bacterias coliformes totales (NMP/cm²) en cuchilla de despiece



Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Tabla 19. Cálculo de medias y desviaciones estándar para las cuentas de bacterias coliformes totales en cuchilla de despiece (NMP/cm²) por horas de muestreo

Hora	Media	Desv. Estándar	N (No. Muestras)
1	0.1367	0.1626	6
2	6.3667	3.6887	6
3	5.7550	4.2948	6
4	6.4600	5.1901	6
5	8.2550	4.4081	6
6	7.0167	4.4481	6
7	8.8667	3.3049	6
Total	6.1224	4.5260	42

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

De la Tabla 19 se puede señalar que los valores de media, en el presente estudio, se encontraron aparentemente dispersos, en donde la cuantificación de bacterias coliformes totales es 80 veces mayor al final respecto al inicio del proceso; a partir de la segunda hora de muestreo estudiada, los valores de las medias de esta variable aumentaron. Durante la segunda, tercera y cuarta hora de muestreo, los valores se mantuvieron constantes, y a partir de la quinta hora, éstos se incrementaron visiblemente.

Además, como se puede ver en los valores de desviación estándar, al inicio del muestreo es menor la dispersión, mientras que conforme pasan las horas en el proceso, ésta va aumentando, siendo mayor a partir de la segunda hora de muestreo.

Si se observa la Tabla 20, se puede señalar que la hora de despiece ejerció un efecto positivo sobre la proliferación de los conteos de bacterias coliformes totales en las cuchillas de despiece, lo cual se sustenta en el análisis estadístico realizado, mostrando un valor de significancia bajo ($p \leq 0.05$).

Tabla 20. Análisis de varianza para las cuentas de bacterias coliformes totales en cuchillas de despiece (NMP/cm²) por horas de muestreo					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	6	294.098	49.016	3.143	.014
Coliformes Totales	1	1574.309	1574.309	100.959	.000
Horas	6	294.098	49.016	3.143	.014
Error	35	545.775	15.594		
Total	42	2414.182			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Posteriormente, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con la finalidad de verificar si el aparente comportamiento de las variables estudiadas fue verdadero.

Tabla 21. Prueba de Tukey para las cuentas de bacterias coliformes totales en cuchilla de despiece (NMP/cm²) entre horas de proceso (muestreo)			
Hora	n	Datos agrupados	
		1	2
1	6	0.1367	
3	6	5.7550	5.7550
2	6	6.3667	6.3667
4	6	6.4600	6.4600
5	6	7.0167	7.0167
6	6		8.2550
7	6		8.8867
Significancia		.064	.816

$\alpha = 0.05$

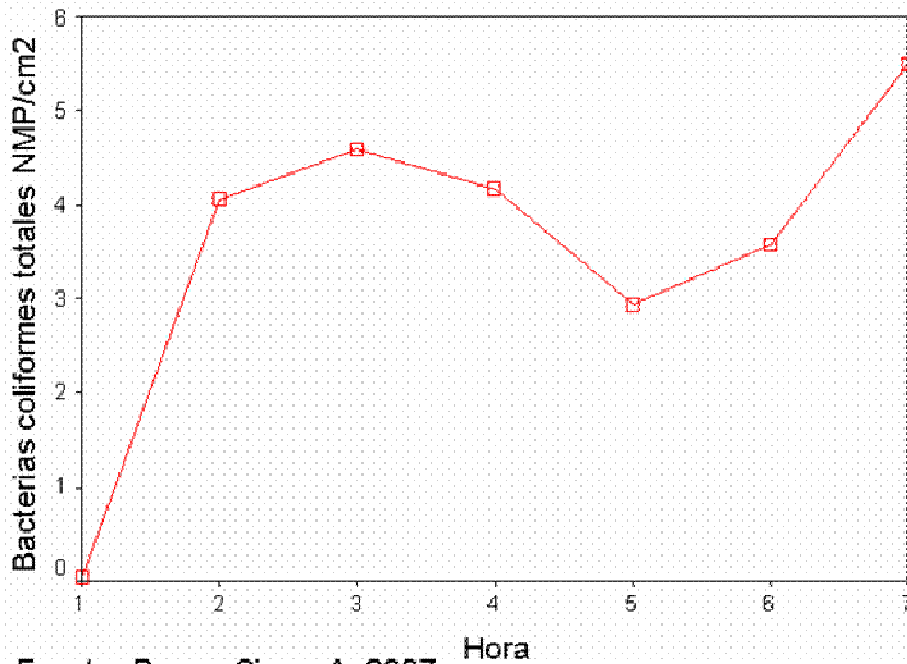
Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Si se observa la Tabla 21, se logra apreciar que los resultados se separan en dos conjuntos, en donde en el primero se encuentran las horas en las que existieron conteos bajos de bacterias y en el segundo se encuentran los conteos más altos. Cabe aclarar que las horas 2, 3, 4 y 5 comparten los datos en ambos grupos, lo cual hace que no se diferencien entre sí. Mientras tanto, en el inicio del muestreo se encuentran las menores cuentas, y en la sexta y séptima hora se encuentran las mayores cuentas de bacterias coliformes totales de las cuchillas, y se aprecian claramente definidas las horas con mayores y menores conteos. Con base en lo anteriormente descrito, se comprobó que la hora de muestreo afectó en el desarrollo de las bacterias coliformes totales en las cuchillas de despiece analizadas en este estudio.

A partir de los datos registrados, en el Gráfico 2 se logran observar los valores de la media en las horas del proceso en las cuales aparentemente existieron mayores y menores valores en las medias de los conteos de bacterias coliformes fecales en las cuchillas de despiece, lo cual sugiere que en el inicio del proceso se encontraron

conteos bajos de estos indicadores, aún tomando en cuenta que las cuchillas no recibieron procesos previos de limpieza y desinfección, mientras que en las horas posteriores, estos valores aumentaron considerablemente.

Gráfico 2: Relación de la hora de proceso con la cuenta de bacterias coliformes fecales (NMP/cm²) en cuchilla de despique



Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

En la Tabla 22 se muestran los valores de media para las cuentas de bacterias coliformes fecales obtenidos de las cuchillas. En la primera hora, se presentó un valor de 0.04 para este parámetro, el cual va aumentando hasta la séptima hora de muestreo en el proceso, elevándose aparentemente. Los valores de desviación estándar se encontraron visiblemente dispersos, ya que mientras en el inicio del proceso fue de cero, se hallaron los más amplios en la tercera y séptima hora, respectivamente.

Tabla 22. Cálculo de medias y desviaciones estándar para la cuenta de bacterias coliformes fecales en cuchilla de despiece (NMP/cm²) por horas de muestreo			
Hora	Media	Desv. Estándar	N (No. Muestras)
1	0.0400	0.0000	6
2	4.0633	3.8038	6
3	4.5850	5.0527	6
4	4.1733	4.0003	6
5	2.9300	4.0526	6
6	3.5800	3.9413	6
7	5.4967	4.5906	6
Total	3.5526	3.9953	42

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

En la Tabla 23, se puede ver que la hora de proceso aparentemente no ejerció efecto sobre los conteos de bacterias coliformes fecales en las cuchillas de despiece. Lo anteriormente descrito se sustenta en el análisis de varianza realizado ($p \geq 0.05$)

Tabla 23. Análisis de varianza para la cuenta de bacterias coliformes fecales en cuchilla de despiece (NMP/cm²) entre horas de proceso					
Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (g.l.)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculada (F_c)	Significancia
Tratamientos	6	109.309	18.218	1.170	.345
Coliformes Fecales	1	530.086	530.086	34.032	.000
Horas	6	109.309	18.218	1.170	.345
Error	35	545.160	15.576		
Total	42	1184.555			

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

Al realizarse la Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable estudiada (Tabla 24), se observa que los datos se encuentran agrupados en un solo conjunto, en el cual no se logran diferenciar claramente las horas en las cuales se encontraron las menores y mayores cuentas.

Tabla 24. Prueba de Tukey para la cuenta de bacterias coliformes fecales en cuchilla de despiece (NMP/cm²) entre horas de proceso		
Hora	n	Datos agrupados
		1
1	6	0.04
5	6	2.9300
6	6	3.5800
2	6	4.0633
4	6	4.1733
3	6	4.5850
7	6	5.4967
Significancia		.231

$\alpha = 0.05$

Fuente: Rosas-Sierra A, 2007.

V. DISCUSIÓN

En la industria alimentaria, el empresario desconoce con frecuencia el manejo al que ha sido sometida la materia prima procesada y sus repercusiones, principalmente en aspectos referentes a pH, temperatura y calidad microbiológica durante la obtención, manejo, producción y transporte, así como el costo que implica, a largo plazo, adquirir productos de baja o nula calidad, en este caso, la carne de cerdo en canal.

Por otra parte, el empresario también desconoce el manejo que tienen los tablajeros que trabajan a “destajo” con los instrumentos de corte que emplean en los procesos de despiece de carne de cerdo, lo cual tiene repercusiones tanto económicas en el obrador como de salud en los consumidores finales.

El análisis microbiológico constituye una referencia valiosa para determinar si existieron o se guardaron condiciones higiénicas en la manipulación de los alimentos durante las etapas de producción antes mencionadas; adicionalmente, permite monitorear la calidad sanitaria de la materia prima de los proveedores de plantas dedicadas a la elaboración y manejo de alimentos derivados de la carne, teniendo por objeto reflejar también las condiciones higiénicas del equipo, utensilios y medio ambiente de estas plantas (Marriott, 2003), disminuyendo los posibles costos reflejados en una menor vida de anaquel de los productos terminados.

La presencia por sí misma de bacterias coliformes fecales tanto en los instrumentos de corte como en las muestras de entrecot de cerdo analizadas puede dar como consecuencia posibles pérdidas económicas en la elaboración de productos derivados de la carne, debido a la baja o nula calidad microbiológica de la materia prima, e incluso, podría desencadenar un brote de ETA. Esto último es un posible riesgo, ya que, como lo señalan Puig-Durán (1998) y Moraes (2002), la mayor parte de estos indicadores pertenecen a *E. coli*; además, Schroder et. al. (2003) mencionan, a partir de un estudio realizado en un rastro de cerdos en Bélgica, que el 31% de los conteos bacterianos en cortes de cerdo son positivos a esta bacteria,

mientras que Maryhorfer et. al. (2004) encontraron que del total de los conteos de *E. coli* detectados, existía una prevalencia de 10% de casos de cepas potencialmente patógenas, que pueden ser de tipo O157:H7, productoras de verotoxina (VTEC) y/o productoras de toxina shiga (ICMSF, 1981; Moore, 2002; Saynés-López, 2005) vehiculizadas en la carne de cerdo (Bouvet et. al., 2002), las cuales, a mínimas dosis infectantes bajas (MDI), pueden desencadenar brotes de ETA en el consumidor.

5. 1. Análisis entre días de proceso

5. 1. 1. Conteo de bacterias coliformes totales y fecales en entrecot de cerdo.

La determinación empleada para los conteos de bacterias coliformes totales y fecales en la presente investigación fue la técnica del Número Más Probable (NMP), la cual se seleccionó con base en su facilidad, rapidez y bajo costo económico; por ello, los resultados encontrados, que aparecen en la Tabla 10 se compararon con los valores establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-145-SSA1-1995 “Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias”, que establece como límite máximo de bacterias coliformes permitidas en los productos cárnicos la presencia de no más de 3 NMP/cm² (NOM-145-SSA1-1995), poniendo en evidencia que la mayoría de las lecturas encontradas en el presente trabajo sobrepasaron este límite crítico, llegando en algunos casos hasta las 11 NMP/cm².

Tales valores expresados se convirtieron en conteos de UFC/cm² con base en lo publicado por Harrigan (1998). Resultado de esta conversión, los valores encontrados oscilan en conteos de entre 0.005 y hasta iguales o mayores a 480 UFC/cm² de bacterias coliformes.

Así, de manera indirecta, fue posible obtener una estimación de los valores correspondientes en UFC/cm² para que dichos resultados se pudieran comparar con los valores establecidos en la Norma Oficial NOM-194-SSA1-2004 “Productos y

servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos”, misma en la que se establece que el valor máximo permitido de bacterias coliformes es de no más de 1000 UFC/cm². Al compararlos, se observa claramente que la totalidad de los conteos encontrados en este estudio no sobrepasaron este último límite.

Con base en lo antes señalado se puede decir que, mientras en los resultados obtenidos de manera directa y expresados en NMP/cm² la mayoría de las cuentas obtenidas a partir de muestras de entrecot de cerdo sobrepasaron los parámetros establecidos por la NOM-145-SSA1-1994, al hacer la comparación con los resultados transformados en UFC/cm², los conteos se encontraron dentro de los límites establecidos por la NOM-194-SSA1-2004, si bien cada una de éstas Normas establece criterios para productos cárnicos la primera y para materia prima la segunda.

Por otra parte, y tomando como base los valores convertidos en UFC/cm², los resultados también se compararon contra estándares establecidos por otros países, encontrándose que las cuentas obtenidas cumplen con tales parámetros regulatorios al haberse alcanzado cuentas inferiores a 1000 UFC/cm² de bacterias en las muestras, según lo establecido en el Reglamento CE 2073/2005 y la Decisión 2001/471/CE de la Unión Europea, al igual que en lo estipulado por el Gobierno de Chile (2003) y en el Real Decreto 1916/1997 de España, así como en la Regulación Federal de los Estados Unidos de Norte América referente al control de patógenos en los alimentos (1996), e incluso, la carne estudiada puede lograr una calidad satisfactoria, de acuerdo con los Parámetros Sanitarios en Alimentos de Australia y Nueva Zelanda (Food Standards Australia New Zealand o FSANZ, por sus siglas en inglés) del año 2001.

Sin embargo, similar a lo que ocurre con la normativa nacional, todo lo anterior se contrapone a parámetros internacionales más estrictos como ocurre con el caso de

Japón ya que, según lo informado por las autoridades del Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (FSIS-USDA por sus siglas en inglés), las autoridades japonesas exigen que las materias primas a consumirse en ese país se encuentren libres de este indicador (2008), lo cual hace ver que, incluso entre países, los parámetros indicadores de calidad microbiológica varían, lo cual pudiera deberse a la influencia de otros factores como el económico, los de mercado y los de seguridad alimentaria en cada uno de ellos.

Los conteos promedio de bacterias coliformes totales encontrados en este estudio tienen similitud con los hallados por Sánchez-Rodríguez en una planta de sacrificio de cerdos en España (2006) y Hernández-San Juan, et. al. en un rastro municipal del Estado de Hidalgo, México (2007), quienes bajo condiciones similares a las trabajadas en el presente estudio encontraron conteos promedio de 15.672 UFC/cm² y 120.22 UFC/cm² de bacterias coliformes totales, respectivamente, siendo menores a los requeridos como control por la normatividad nacional vigente (NOM-194-SSA1-2004), así como por las normas internacionales en función.

En cambio, los resultados de este estudio y los que se compararon anteriormente difirieron de los encontrados por Zweifel, Baltzer y Stephan (2005) en un estudio hecho en 4 rastros de cerdos en Suiza, quienes encontraron conteos promedio bajos de bacterias coliformes totales, siendo el valor promedio más alto 2.62 UFC/cm² en canal de cerdo, el cual se encuentra por debajo de lo exigido por el Reglamento CE 2073/2005, que es de menos de 1000 UFC/cm² (Reglamento CE 2073/2005), normatividad vigente para el anterior estudio. Este hecho hace ver que los límites críticos establecidos en los conteos microbiológicos existentes en el proceso de la materia prima pueden encontrar variaciones según las regulaciones sanitarias y económicas exigidas por cada país o región económica.

Por si esto fuera poco, se puede mencionar lo señalado por Fang, Run-Qing y Yun-Fei (2006), quienes encontraron que a una temperatura ambiental de 4°C y bajo

condiciones normales de aire, existieron mayores conteos de bacterias coliformes totales en pierna de cerdo respecto a los encontrados a una temperatura de 10°C.

Posteriormente, en el estudio, se analizaron los conteos de bacterias coliformes fecales presentes en la materia prima, encontrándose conteos de entre menos de 0.04 hasta iguales o mayores a 480 NMP/cm², lo cual también se encontró dentro de los parámetros establecidos por la NOM-194-SSA1-2004.

Una posible fuente de contaminación fecal en la materia prima pudo ser agregada durante el despiece de la canal, ya sea a partir de los instrumentos de corte o de otras superficies en contacto con la materia prima, como lo son indumentaria del personal, guantes de trabajo o chairas de afilado, o bien a partir del personal involucrado en el proceso.

El anterior hecho se puede explicar ya que durante el proceso, tanto el material como el equipo de trabajo no se sometieron a un proceso de limpieza y desinfección antes, durante o después del mismo, lo cual pudo repercutir en la presentación de los conteos de bacterias coliformes fecales en las cuchillas.

Otro posible mecanismo de presencia de contaminación fecal en la materia prima puede explicarse a partir de lo encontrado por Gill et. al. (2000), quienes a partir de un estudio realizado en canales de cerdo procesadas en un rastro de Canadá, observaron que las bacterias coliformes fecales se depositan sobre todo en éstas durante el proceso de depilado. Aunque encontraron que las poblaciones de estas bacterias disminuyen al limpiarse las canales, estos mismos autores volvieron a encontrar conteos de bacterias coliformes fecales posterior a este proceso, deduciendo que pueden provenir del personal y de origen oronasal, lo cual posiblemente pudo facilitar el incremento de los conteos de los microorganismos analizados y comportarse de forma similar a lo encontrado en el presente estudio.

El nivel de los conteos de bacterias coliformes totales y fecales en la materia prima pudo ser influenciado por el macroambiente encontrado dentro de la sala de despiece en la que se trabajó en el presente estudio. Lo anterior se explica por lo estudiado por Pearce, Sheridan y Bolton (2006), quienes mencionan que el macroambiente de las plantas de proceso posiblemente contenga agentes estrechamente relacionados con la contaminación de la materia prima.

Una posible explicación a lo descrito puede hacerse a partir del hecho de que la sala de despiece se encuentra contigua a la entrada principal del obrador, pudiendo modificar las condiciones macroambientales y microambientales de la materia prima mediante la entrada continua de corrientes de aire con la posible presencia de microorganismos contaminantes de los alimentos. Lo anterior no pudo comprobarse, debido a que no se analizó la presencia de contaminantes en el ambiente de esta sala de despiece.

5. 1. 2. Análisis del pH de entrecot de cerdo.

De los datos observados en la Tabla 11, se encuentra que 21% de las muestras analizadas (10 de 47) se hallaron por debajo del pH mínimo sugerido por la Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003, que es de 5.9, mientras que el resto de las muestras analizadas se encontraron dentro de los límites recomendados, que son entre 5.9 y 6.8. Estos resultados tienen un comportamiento igual al reportado por De Loera-García (2006) y Rivera-Quiroz (1997).

Es importante considerar este valor en función del tipo de transformación industrial de la materia prima, ya que como coinciden Prändl (1994) y Alarcón-Rojo (2006), una carne con un pH de entre 5.4 y 5.8 es idónea para la elaboración de productos curados, mientras que un pH mayor es idóneo únicamente para fabricar embutidos cocidos debido a la alta solubilidad de las proteínas (Prändl, 1994), aunque permiten un mayor crecimiento bacteriano. Cabe aclarar que la materia prima con la cual se elaboran los productos en esta planta pertenece a este último grupo.

5. 1. 3. Análisis de la temperatura de entrecot de cerdo.

Las temperaturas registradas en las muestras de entrecot de cerdo estudiadas se mantuvieron en un promedio de $16.4 \pm 0.406^{\circ}\text{C}$, que superan la que por normatividad mexicana se recomienda o se exige como temperatura a la recepción de la materia prima, que es de 4 a 7°C (NMX-FF-081-SCFI-2003, NOM-009-ZOO-1994).

Hay que destacar que estas muestras superan la temperatura requerida para la importación de productos cárnicos frescos por parte de las autoridades sanitarias de Estados Unidos y Canadá, que es igual o menor a 4.4°C (USMEF, 2006; Canadian Food Inspection Agency, 2006), lo cual podría permitir la proliferación de poblaciones bacterianas tanto psicrotrofas como mesófilas.

5. 1. 4. Conteo de bacterias coliformes totales y fecales en cuchillas de despiece.

Los resultados encontrados en los conteos de bacterias coliformes totales y fecales a partir de las cuchillas al inicio del despiece, expresados en la Tabla 10, hace ver que existieron cuentas menores o iguales a $0.04 \text{ NMP}/\text{cm}^2$, lo cual quiere decir que pudieron hallarse conteos promedio de entre 0.5 y $2 \text{ UFC}/\text{cm}^2$ de estos indicadores, aumentando al final del proceso a $11 \text{ NMP}/\text{cm}^2$, equivalentes a $480 \text{ UFC}/\text{cm}^2$, con base en los valores comparativos publicados por Harrigan (1998). Cabe considerar que las cuchillas de despiece se muestrearon sin ser sometidas previamente a un proceso de limpieza y desinfección, que es como los trabajadores de esta planta las usan.

Los resultados anteriormente descritos y expresados en UFC/cm^2 se compararon con la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994 “Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos”, aunque en ésta se establece el valor limitante de la presencia de bacterias coliformes en superficies de trabajo posterior a las tareas de limpieza y desinfección

hechas en ellas, que es de no más de 200 UFC/cm². Al inicio del proceso, los valores encontrados en este estudio no superaron los exigidos por la Norma citada; aunque al transcurrir el proceso y hacia el final del mismo, los conteos de estos indicadores superaron este valor crítico.

Los valores normativos a nivel nacional y los encontrados en este estudio posterior al inicio del despiece referentes al conteo de bacterias coliformes totales y fecales en las superficies analizadas, superaron a los establecidos por la Unión Europea y otros gobiernos (Decreto 2001/47/CE; Gobierno de Chile, 2003; Ministerio de Salud del Perú, 2007), que es de no más de 10 NMP/cm².

El hecho de encontrar la presencia de conteos bajos al inicio y aumentar su presencia durante el transcurso y el final del proceso, requiere de buscar una probable explicación, formulando una hipótesis al respecto, la cual podría ser la de que el posible contacto de la carne y el agua utilizada en el muestreo con los instrumentos analizados permitieron que al inicio del proceso el biofilm o biopelícula superficial intacta arrojara conteos bajos, y finalmente, al exponerse el biofilm más profundo, permitió que la población microbiana existente en las cuchillas se expusiera, dando lugar a que las bacterias encontradas ahí reiniciasen su actividad biológica propia, teniendo por consecuencia la presencia de conteos elevados de los indicadores analizados.

Para comprobar el supuesto anterior, se requeriría realizar estudios más específicos acerca de los mecanismos de adherencia y permanencia de los biofilmes en los instrumentos de trabajo y su posible desagrupación por medio del contacto con superficies biológicas, que en el caso del presente estudio, fueron tanto la carne procesada como el agua utilizada para realizar los muestreos.

El comportamiento de las cuentas de bacterias coliformes fecales en los instrumentos de corte podría también explicarse tomando en consideración el tiempo requerido para la adaptación bacteriana que suele manifestarse en los cultivos,

conocido como fase *lag* o de retraso en comparación al requerido en los conteos de bacterias coliformes totales, lo que permitió encontrar en el primer caso conteos bajos en las primeras horas del proceso y los más altos en las tres últimas horas del estudio; mientras que, en el segundo caso, las lecturas iniciales fueron bajas, aumentando rápidamente a partir de la segunda hora de proceso, manteniéndose conteos mayores a 480 NMP/cm² durante el resto del proceso. Lo anterior se encuentra sustentado en el análisis de varianza realizado a la primera variable mencionada ($p \leq 0.05$).

Si bien no se realizó un estudio específico sobre el mecanismo de acción del hecho anterior, puede suponerse asimismo, con base en lo reportado por Gill et. al. (2000), que los conteos encontrados pudieron provenir de una contaminación agregada posterior al depilado de las canales, misma que, según estos autores, puede tener un origen oronasal, en donde el 10% de estos contaminantes son coliformes fecales.

Otra posible fuente de estos conteos de bacterias coliformes fecales puede ser el personal, ya que como menciona Moraes (2002), éste es responsable de la contaminación de los alimentos al trasladar a los agentes patógenos en sus manos o en su indumentaria a causa de la ausencia de BPM en ellos.

5. 2. Análisis entre horas de proceso en el conteo de bacterias coliformes totales y fecales en cuchillas de despiece.

En este estudio se presentó una curva de desarrollo acelerado en los conteos de bacterias coliformes totales, pasando al inicio del trabajo y durante la primera hora de éste de manera abrupta de cuentas bajas equivalentes a 0.04 UFC/cm² a valores iguales o mayores a 480 UFC/cm² en el transcurso y al término del proceso.

La diferencia entre los valores de los conteos bacterianos antes mencionados, además, fue estadísticamente significativa, afirmación que se apoya en el resultado

de la Prueba de comparación de medias de Tukey ($p=0.064$), en tanto que entre las horas finales se alcanzaron las cifras más altas ($p=0.816$).

Las cuentas de bacterias coliformes totales y fecales encontradas en este estudio en los instrumentos de corte difirieron de lo encontrado por Gill y McGinnis (2004) en un estudio realizado en cuchillas y hojas de corte de canales de un rastro de bovinos en Canadá, quienes observaron que los conteos iniciales fueron bajos, aumentaron durante el proceso y disminuyeron al momento de finalizarlo, esto último debido al lavado y desinfección de los instrumentos en esta última etapa. Hay que aclarar que estos autores seleccionaron los instrumentos analizados aleatoriamente al inicio del proceso.

En las horas iniciales del proceso, los conteos de bacterias coliformes fecales encontrados en el equipo analizado en este estudio fueron bajos (0.04 UFC/cm^2), difiriendo de los encontrados por Gill y McGinnis (2004), que fueron de 8 UFC/cm^2 .

Sin embargo, conforme transcurrió el proceso estudiado, los conteos de bacterias coliformes fecales en los instrumentos analizados aumentaron, lográndose diferenciar claramente éstos respecto a los iniciales, coincidiendo con lo encontrado por Gill y McGinnis (2004).

Una posible causa de que se presentaran conteos iniciales bajos y conteos finales altos de ambos indicadores pudo deberse a la presencia de biofilm o biopelícula adherida durante procesos anteriores.

Lo anterior, a su vez, puede justificarse a partir de lo explicado por Kusumaningrum, Riboldi, Hazelger y Beumer (2003), quienes encontraron que la presencia de otros mecanismos estructurales bacterianos como lo son flagelos, pilis y polisacáridos extracelulares, puede afectar la adhesión o supervivencia de los microorganismos a las superficies inertes, que para fines del presente estudio fueron los instrumentos de corte analizados.

Otra posible causa de que se presentara este comportamiento pudo deberse a que los agentes contaminantes posiblemente se agregaron a partir del personal y la indumentaria que porta, así como a partir de otros equipos que pudieron tener contacto con las cuchillas de despiece, siendo ejemplo de ello chairas de afilado o mesas de trabajo.

Hay que mencionar que otra causa por la cual se pudieron presentar conteos bacterianos elevados después de la segunda hora de proceso en ambos indicadores en las cuchillas de corte pudo deberse por diversos factores: los tablajeros no lavaron ni desinfectaron los instrumentos de corte en ninguna etapa del proceso; el contacto de las cuchillas con la materia prima trabajada en el obrador pudo actuar como una fuente de contaminación agregada en los instrumentos de trabajo; o bien, como se explicó anteriormente, esta materia prima pudo funcionar como un activador del biofilm o biopelícula al entrar en contacto con los instrumentos analizados al inicio, durante y al final de la jornada de trabajo.

VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados expresados en el presente trabajo, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los resultados de los conteos de bacterias coliformes totales y fecales encontrados, comparados con los parámetros establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas vigentes NOM-145-SSA1-1995 “Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias” para producto terminado y NOM-194-SSA1-2004 “Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos” para materia prima fresca, difirieron entre sí, ya que al compararse con la primera, los resultados sobrepasan lo establecido en ella (mayores a 3 NMP/cm²), mientras que al compararse con la segunda, los resultados se encontraron dentro de los valores permitidos (menores a 1000 UFC/cm²); al compararse con normas europeas, estadounidenses, australianas y neozelandesas, la carne analizada tiene una buena calidad, llegando a ser excelente.
2. El 79% de la materia prima se encontró dentro de los parámetros recomendados por la Normatividad mexicana vigente en cuanto al pH, siendo el único referente con el cual se compararon los resultados obtenidos. Esto hace ver que la materia prima analizada puede considerarse como óptima de acuerdo con este parámetro para su transformación industrial.
3. La temperatura de recepción de la materia prima ($\bar{x}=16.4^{\circ}\text{C}$) fue superior a la recomendada por la Normatividad nacional en función y los requerimientos implementados por autoridades sanitarias internacionales, que es de 4°C.
4. En las cuchillas de corte sin ser lavadas y desinfectadas al inicio del proceso, los conteos de bacterias coliformes totales no superaron a los especificados como límite crítico por la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994 “Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se

ofrecen en establecimientos fijos”, que establece que los conteos encontrados en superficies de trabajo, deben ser menores a 200 UFC/cm² en superficies inertes limpias y desinfectadas previamente; de igual manera no superaron los fijados por otros países. Sin embargo, los conteos de estos indicadores realizados después superaron los anteriores límites críticos.

5. Al margen de los parámetros normativos, se halló que en el inicio de la jornada de despiece se presentaron los menores conteos de bacterias coliformes totales en las cuchillas de corte ($p=0.064$), encontrándose los mayores en las horas 6 y 7 de trabajo ($p=0.816$), lo cual se sustenta con base en lo analizado en la Prueba de comparación de medias de Tukey.
6. Se encontró que entre los días de proceso se presentó una clara diferencia en la presentación de los conteos de bacterias coliformes fecales en los instrumentos de corte, hallada por el hecho de que estos instrumentos presentaron diferentes valores en la presentación de los conteos, siendo mayores en el cuarto día (≥ 11 NMP/cm²), mientras que en el resto de los muestreos obtenidos existieron conteos bajos (≤ 4.60 NMP/cm²). Esto se sustenta con base en el análisis de varianza realizado ($p=0.05$)
7. Se puede decir que la hora de proceso no tuvo un efecto marcado sobre los conteos de bacterias coliformes fecales en los elementos de trabajo examinados.
8. Aún cuando se obtuvieron los anteriores resultados, faltó analizar como fuente de contaminación por bacterias coliformes totales y fecales otros instrumentos con los que trabaja el personal en la planta, como lo son mesas de corte, chairas de afilado o ganchos de colgado de canales.

VII. RECOMENDACIONES

A partir de este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones, que servirán como base para la elaboración e implementación de BPM en el proceso de despiece de carne de cerdo, además de la aplicación de la normatividad vigente, con la finalidad de mantener la inocuidad de la materia prima y de los productos terminados en este obrador y empacadora.

1. El manejo sanitario de la materia prima en el obrador debe verificarse a través del establecimiento de un esquema para la obtención de muestras para conteos microbiológicos de bacterias coliformes totales y fecales, verificando que las muestras analizadas cumplan con lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-145-SCFI-1995.
2. La adquisición de un potenciómetro portátil para carne permitirá la medición del pH de las canales y de las piezas recibidas (materia prima y productos intermedios), ya que se considera que es un factor importante para la transformación industrial de la carne, y a partir de lo anterior, puede clasificarse ésta con la finalidad de seleccionarse según el producto final a ser elaborado:
 - a. Cortes con un pH menor a 5.8: Elaboración de productos curados.
 - b. Cortes con pH mayor a 5.8: Elaboración de productos cocidos.
3. La temperatura de la materia prima debe ser controlada desde el momento en que se procesa en la planta de sacrificio, durante el transporte y durante el despiece para evitar la proliferación bacteriana. Esto se hará mediante la vigilancia continua de este factor con la ayuda de un termómetro para alimentos analógico o digital, lo cual permitirá monitorear que se inhiba el crecimiento de los microorganismos.

Las canales que son recibidas en el obrador deben ser almacenadas en una cámara de refrigeración, retirando únicamente aquellas que serán procesadas. Esta medida de control evitará también que en la materia prima proliferen microorganismos que la contaminen.

Se debe controlar la temperatura de la sala de despiece en un valor máximo de 10°C (NOM-008-ZOO-1994), ya que bajo estas condiciones, el crecimiento de microorganismos es menor. Esto se realizará delimitando con cortinas de lona la sala de despiece respecto a otras áreas del obrador y colocando un sistema de aire acondicionado para el control de la temperatura del área.

4. Elaborar un programa de muestreo en superficies de corte al inicio, durante y al final del proceso. Esto permitirá verificar que instrumentos usados en el proceso de despiece cumplan con los valores máximos de presencia de bacterias coliformes totales y fecales establecidos por la normatividad mexicana en función.
5. El lavado y desinfección de las cuchillas de corte durante y al final del proceso de despiece permitirá que existan bajos conteos de microorganismos, evitando por tanto, que funcionen como una fuente de contaminación de la materia prima (ver Anexo 3 para el proceso detallado). El lavado de los instrumentos se hará de la siguiente forma:

- a. Raspado con espátula, para retirar los residuos de grasa y carne.
- b. Tallado con piedra pómez (Marriott, 2003).
- c. Lavado de los instrumentos con detergente alcalino (detergente comercial).

Los anteriores pasos facilitarán la acción del desinfectante, usando un agente durante un mes y rotándolo después de ese periodo, para evitar que las bacterias generen resistencia a su acción. Los desinfectantes recomendados para aplicarse en las cuchillas dado que no corroen la superficie de éstas (Deibel, 2007) son los mencionados a continuación (ver Anexo 3 para el proceso detallado):

- a. Yodo yoduro absoluto en solución con agua a 25 ppm (Marriott, 2003).
 - b. Peróxido de hidrógeno en polvo en solución al 6% (Marriott,2003). Cabe destacar que este agente es eficaz contra biopelículas (Marriott,2003).
6. No se confirmó si realmente otros materiales y equipos empleados durante el despiece pudieron ser fuentes de contaminación bacteriana en los instrumentos de corte analizados debido a que no se muestrearon en este estudio, por lo que se requiere hacer una investigación más exhaustiva referente a los mecanismos de contaminación bacteriana en los instrumentos de corte que tienen contacto

directo con la materia prima, considerando las fuentes de contaminación mencionadas en el apartado de conclusiones.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Avilés D, et. al. Manual de Laboratorio de Microbiología Sanitaria. México:Instituto Politécnico Nacional, 1983.
2. Bouvet J, et. al. Effects of cutting process on pork meat contamination by verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) and *E. coli* O157:H7. Int'l Jour of Food Microb 2002; 77:91-97.
3. Byrne B, Dunne G, Lyng J, Bolton DJ. Microbiological carcass sampling methods to achieve compliance with 2001/471/EC and new hygiene regulations. Research in Microbiology 2005; 156:104-106.
4. Canadian Food Inspection Agency. Good Importing Practices for Food. Canadian Food Inspection Agency [serie en línea] 2006 Mar 31 [citado 2008 Mar 8]; 1(1) [1 página]. Disponible en: URL:
<http://www.inspection.gc.ca/english/fssa/imp/goodbonne.shtml#7.5.1>
5. Carballo B, López-De Torre G, Madrid A. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. España:Mundi-Prensa, 2001.
6. Carvajal O, Angulo O. Effect of n-3 polyunsaturated fatty acids on the lipidic profile of healthy Mexican volunteers. Salud Pública Méx 1997; 39:221-224.
7. Casadevall A, Pirofski LA. Host-pathogen interactions: Redefining the basic concepts of virulence and pathogenicity. Infect and Immun 1999; 67:3703-3713.
8. Cheftel JC. Proteínas alimentarias: Bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas. España:Acribia, 1989.
9. Collins CH, Lyne P. Métodos microbiológicos. España:Acribia, 1999.
10. Contreras-Ramírez PG. Embutidos crudos, cocidos y escaldados (revisión bibliográfica) (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli (México) México:Univ Nacional Autónoma de México, 2005.
11. De Loera-García A. Factores microambientales que favorecen la presencia de microorganismos contaminantes en la carne de cerdo fresca refrigerada, de un centro de distribución para tiendas de autoservicio (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli (México) México:Univ Nacional Autónoma de México, 2006.

12. Deibel V. Biofilms. Internet Journal of Food Safety [serial en línea]; 2002 [citado 2008 13 Mar] 1 (1): [2 páginas]. Disponible en: URL:
<http://www.foodhaccp.com/internetjournal/IJFSv1-2.pdf>
13. Fang L, Run-Qing Y, Yun-Fei L. Correlations between growth parameters of spoilage micro-organisms and shelf-life of pork stored under air and modified atmosphere at -2, 4 and 10°C. Food Microbiol 2006; 23:578-583.
14. Farrés A, Inurreta Y. Alimentos funcionales: antecedentes y nutrición basada en evidencias. Memorias de Simposio Internacional Alimentos Funcionales: Evidencias, Innovaciones y Salud Humana; 2006 Junio 15-16; México (DF) México. México (DF):Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2006.
15. Fehlhaber K, Janetschke P, Beautling D. Higiene veterinaria de los alimentos. España:Acribia, 1995.
16. Feng P, Weagant SD, Grant MA. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. Bacteriological Analytical Manual [serie en línea] 2002 Sept [citado 2007 Jun 5]; 1(1) [1 página]. Disponible en: URL:
<http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html>
17. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). Guidelines for the microbiological examination of ready-to-eat foods. FSANZ [serial en línea] 2001 Dic [citado 2008 Mar 8]; 1(1) [7 páginas]. Disponible en: URL:
http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/Guidelines%20for%20Micro%20exam.pdf
18. Gill CO, et. al. Evaluation of the hygiene performances of the processes for cleaning, dressing and cooling pig carcasses at eight packing plants. Int'l Jour of Food Microb 2000; 58:65-72.
19. Gill CO, McGinnis JL. Microbiological conditions of fair knives before and after maintenance at a beef packing plant. Meat Sci 2004; 68:333-337.
20. Gobierno de Chile. Manual de procedimientos para monitoreo microbiológico oficial en mataderos de exportación. Gobierno de Chile [serial en línea]; 2003 [citado 2008 9 Mar] 1 (1): [58 páginas]. Disponible en: URL:
http://www.asprocer.cl/index/download.asp?tipo=1&carpeta=archivos_public&id_archivo=83

21. Guerrero-Legarreta I. Calidad de la carne. Memorias de Ciclo de Conferencias Ciencia y Tecnología de la Carne; 2007 Agosto 22-24; Cuautitlán Izcalli (México) México. Cuautitlán Izcalli (México):Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2007.
22. Guil-Guerrero JL. Bioquímica y Tecnología de la Carne. España:Universidad de Almería, 2001.
23. Haider IS. ISO 9001:2000 Document Development Compliance Manual. Estados Unidos:St. Lucie Press, 2001.
24. Harrigan WF. Laboratory methods in food microbiology. Estados Unidos:Academic Press, 1998.
25. Hernández-Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista-Lucio P. Metodología de la investigación. México:McGraw Hill, 2006.
26. Hernández-San Juan S, Zúñiga-Estrada A, Sánchez-Ortega I, Castro-Rosas J, Román-Gutiérrez AD, Santos-López EM. Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, México. Vet Mex 2007; 38:187-195.
27. Herrero-Alaña G, et. al. Implementación del sistema HACCP en la industria cárnica. España:Gobierno Vasco-Departamento de Sanidad, 1996.
28. Hyginov C, editor. Guía para la elaboración de un plan de limpieza y desinfección de aplicación en empresas del sector alimentario. España:Acribia, 2003.
29. ICMSF. Ecología Microbiana de los alimentos. V. 1. España:Acribia, 1985.
30. ICMSF. Microorganismos de los alimentos I: Su significado y métodos de enumeración. España:Acribia, 2000.
31. Jay JM, Lessner MJ, Golden DA. Modern Food Microbiology. 7° Ed. Estados Unidos:Springer, 2005.
32. Kusumaningrum HD, Riboldi G, Hazelger WC, Beumer RR. Survival of foodborne pathogens on stainless steel surfaces and cross-contamination to foods. Int'l Jour of Food Microb 2003; 85:227-236.
33. Latham MC. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Roma (Italia):FAO, 2002.
34. Lelieveld HLM, editor. Hygiene in food processing. Estados Unidos:Woodhead Publishing, 2003.

35. López-Pérez J, Arellano-Sánchez H, Ávila-Morales R, Mora-Medina P. Manual teórico de la asignatura: Inspección de productos de origen animal. 1° Ed. México:Univ Nacional Autónoma de México-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2005.
36. López-Pérez J. Propuesta para un modelo de gestión de la calidad para la inocuidad de los alimentos en la industria alimentaria mexicana (tesis de maestría). México (DF) México:Univ Nacional Autónoma de México-Facultad de Contaduría y Administración, 2005.
37. López-Vázquez B, Casp A. Tecnología de mataderos. España:Mundi-Prensa, 2004.
38. Marriott NG. Principios de higiene alimentaria. España:Acribia, 2003.
39. Maryhorfer S, Paulsen P, Smulders FJM, Hilbert F. Antimicrobial resistance profile of five major food-borne pathogens isolated from beef, pork and poultry. *Int'l Jour of Food Microb* 2004; 97:23-29.
40. Masana MO, Rodríguez R. Ecología microbiana. En: Hui YH, Guerrero-Legarreta I, Rosmini MR, editores. *Ciencia y tecnología de la carne*. México: Limusa-Noriega, 2006.
41. McMeekin TA. *Detecting pathogens in food*. Estados Unidos:CRC Press, 2003.
42. McNeill S. Presencia de compuestos bioactivos en carnes rojas y sus beneficios en la salud. *Memorias de Simposio Internacional Alimentos Funcionales: Evidencias, Innovaciones y Salud Humana*; 2006 Junio 15-16; México (DF) México. México (DF):Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2006.
43. Ministerio de Salud del Perú. Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA. Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas. *Diario Oficial "El Peruano"* 2007 14 julio;Sec Normas Legales:349038-3490044(col 1 y 2).
44. Moore G, Griffith C. A comparison of surface sampling methods for detecting coliforms on food contact surfaces. *Food Microb* 2002; 19:65-73.
45. Moraes S, et. al. *GMP/HACCP Buenas Prácticas de Manufactura (GMP) y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)*. Argentina:Organización Panamericana de la Salud-Instituto Panamericano de Protección de Alimentos

(INPPAZ)-Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud (BIREME), 2001.

46. Mossel DAA. Microbiología de los Alimentos. España:Acribia, 1985.
47. Muñoz-De Chávez M, Ledesma-Solano JA. Los alimentos y sus nutrientes: Tablas de valor nutritivo de los alimentos. México:McGraw-Hill, 2002.
48. Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003, Productos pecuarios. Carne de porcino en canal. Calidad de la carne. Clasificación. México:SE-Dirección General de Normas, 2003. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de Febrero de 2003.
49. Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994. Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos. México:SAGARPA, 1994. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de Noviembre de 1994, modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de Febrero de 1999.
50. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994 Proceso sanitario de la carne. México:SAGARPA, 1994. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de Noviembre de 1994, modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de Julio de 2007.
51. Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. México:SSA, 1995. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de Abril de 1995.
52. Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994. Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México:SSA, 1995. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de Octubre de 1995.
53. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Preparación y Dilución de Muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México:SSA, 1995. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de Octubre de 1995.

54. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. México:SSA, 1995. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de Octubre de 1995.
55. Norma Oficial Mexicana NOM-145-SSA1-1995. Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México:SSA, 1995. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de Noviembre de 1999.
56. Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. México:SSA, 2004. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de Septiembre de 2004.
57. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- Organización Mundial de la Salud. Memorias del foro mundial FAO/OMS de autoridades de reglamentación sobre inocuidad de los alimentos; 2002 Enero 28-30; Marrakech (Marruecos). Roma (Italia):FAO, 2002.
58. Pearce RA, Sheridan JJ, Bolton DJ. Distribution of airborne microorganisms in commercial pork slaughter process. *Int'l Jour of Food Microb* 2006; 107:186-191.
59. Pokorny J, Yanishlieva N. Antioxidantes en los alimentos: Aplicaciones prácticas. España:Acribia, 2006.
60. Prändl O, et. al. Tecnología e higiene de la carne. España, Acribia, 1994.
61. Presidencia del Gobierno de España. Real Decreto 1916/1997. Por el que se establecen las condiciones sanitarias aplicables a la producción y comercialización de carne picada y preparados de carne. *Boletín Oficial del Estado* 1998 enero 13;Sec N/D:1086:1101(col 1 y 2).
62. Prisma Centro de Formación. Curso de manipulación de alimentos: Carnes y derivados. España:M.N.M., 2003.
63. Puig-Durán FJ. Ingeniería, autocontrol y auditoría de la higiene en la industria alimentaria. España:Mundi-Prensa, 2002.
64. Ray B. *Fundamental food microbiology*. Estados Unidos:CRC Press, 2001.

65. Rivera-Quiroz J. Determinación de los límites críticos de cargas bacterianas (cuenta estándar de mesófilos) en carne de cerdo fresca y congelada (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli (México): Univ Nacional Autónoma de México, 1997.
66. Rodríguez-Trejo R. Estudio epidemiológico de los hallazgos encontrados en los registros de exámenes médicos del personal de una empacadora de la ciudad de México de 1999 al 2004 (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli (México) México:Univ Nacional Autónoma de México, 2006.
67. Rubio-Lozano MS, Méndez-Medina RD. Características de las canales bovinas mexicanas y características de las canales ovinas. Memorias de Ciclo de Conferencias Ciencia y Tecnología de la Carne; 2007 Agosto 22-24; Cuautitlán Izcalli (México) México. Cuautitlán Izcalli (México):Univ Nacional Autónoma de México-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2007.
68. Sánchez-Rodríguez JA. Control microbiológico de las canales y superficies de contacto en un matadero de porcino. Memorias del Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria “De la granja a la mesa, ida y vuelta”; 2006 Mayo 8-10; Sevilla (España). España:Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria, 2006:20-23.
69. Saynés-López S[†]. Determinación de la eficiencia del proceso de limpieza en la superficie interna del tanque de conservación de la leche en la unidad de ordeño de la FES-C4, utilizando como elementos cuantificables la detección de organismos coliformes totales y fecales (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli (México):Univ Nacional Autónoma de México-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2005.
70. Schmidt RH, Rodrick GE. Food safety handbook. Estados Unidos:John Wiley and Sons, 2003.
71. Schroder CM, et. al. Isolation of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* from retail meats purchased in Greater Washington, DC, USA. Int'l Jour of Food Microb 2003; 85:197-202.
72. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Manual de buenas prácticas de manufactura y procedimiento operacional de sanitización estándar para la industria: Empacadoras no TIF de carnes frías y embutidos. México:SAGARPA, s/a.

73. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Estimación de la disponibilidad per cápita de carne 1990-2005. SAGARPA-Dirección General de Ganadería:[citado 2007 11 Jul]. Disponible en: URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/DPcar.htm>
74. Signorini M. Proyecto rastros. Memorias del V Congreso Internacional de Epidemiología; 2007 Octubre 10-13; Villahermosa (Tabasco) México. México (DF):Asociación Mexicana de Epidemiología Veterinaria, 2007:19-41.
75. Sinclair R. Good, bad or essential fats: what is the story with Omega-3? *Nutr & Food Sci* 2000; 4:178-182.
76. Stärk KDC, et. al. Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Services Research* [serial en línea]; 2006 [citado 2007 2 Sept] 6 (20): [8 páginas]. Disponible en: URL: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1472-6963-6-20.pdf>
77. Torres-Torres F. El saldo del siglo XX: La inseguridad alimentaria en México. Memorias del XXI Seminario de Economía Agrícola; 2001 Octubre 3-5; México (DF) México. México (DF):Univ Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Económicas, 2001:1-32.
78. Unión Europea. Decisión 2001/471/CE. Por la que se establecen normas para los controles regulares de la higiene en establecimientos de carnes frescas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* 2001 junio 21;Sec N/D:48-53(col 1 y 2).
79. Unión Europea. Reglamento CE/2073/2005. Relativo a los criterios microbiológicos aplicables en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea* 2005 diciembre 22;Sec N/D:15(col 1).
80. United States Department of Agriculture (USDA)-Food Safety and Inspection Services (FSIS). Export Requirements to Japan. USDA-FSIS [serial en línea]; 2008 [citado 2008 9 Mar] 1 (1): [1 página]. Disponible en: URL: http://www.fsis.usda.gov/regulations/japan_requirements/index.asp
81. United States Department of Agriculture (USDA) Federal Regulation. Pathogen Regulation; HACCP Systems; Final Rule. *United States Federal Register*. [serial en línea]; 1996 [citado 2008 9 Mar] 1 (1): [155 páginas]. Disponible en: URL: <http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPpubs/93-016F.pdf>

82. United States Meat Export Federation (USMEF). USMEF Backgrounder Cold Chain Management. USMEF [serial en línea]; 2005 Feb [citado 2008 1 Abr]. Disponible en: URL:
[http://www.usmef.org/TradeLibrary/assets/15275/ccmbackgrounderfile/ColdChainMgBackgrounderfinal%20\(2\).pdf](http://www.usmef.org/TradeLibrary/assets/15275/ccmbackgrounderfile/ColdChainMgBackgrounderfinal%20(2).pdf)
83. Valenzuela A, Uauy R. Consumption pattern of dietary fats in Chile: n-6 and n-3 fatty acids. *Int'l Jour of Food Sci and Nutr* 1999; 50:127-133.
84. Vargas-García R. Panorama epidemiológico de las enfermedades transmitidas por alimentos en México. Memorias de VI Curso de Actualización en Higiene y Calidad de la Carne; 2001 septiembre 3-14; México (DF) México. México (DF):Univ Nacional Autónoma de México-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2001:10-23.
85. Varnam AH, Sutherland JP. Carne y productos cárnicos: Tecnología, química y microbiología. España:Acribia, 1998.
86. Vite-Pedroza, RH. Factores que afectan el desarrollo, la supervivencia o destrucción de los microorganismos en los alimentos. Memorias de VI Curso de Actualización en Higiene y Calidad de la Carne; 2001 septiembre 3-14; México (DF) México. México (DF):Univ Nacional Autónoma de México-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2001:33-38.
87. Zamudio-Maya M. Microorganismos patógenos y alterantes. En: Hui YH, Guerrero-Legarreta I, Rosmini MR, editores. Ciencia y tecnología de la carne. México:Limusa-Noriega, 2006.
88. Zweifel C, Baltzer D, Stephan R. Microbiological contamination of cattle and pig carcasses at five abattoirs determined by swab sampling in accordance with EU Decision 2001/471/EC. *Meat Sci* 2005; 69:559-566.

Imágenes en URL

1. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/Schwein-Ganz.png>

IX. ANEXOS

ANEXO 1

Toma, manejo, transporte y dilución de las muestras.

La “técnica de frotación”, según Collins y Lyme (1999), consiste en pasar la esponja sobre toda la superficie del equipo a muestrear de la siguiente manera:

Primeramente, se toma una parte del total de 200 ml de Solución Salina Fisiológica estéril (SSF) al 0.9%, se deposita en las bolsas de muestreo marca Nasco Whirl-Pak® para rehidratar la esponja de muestreo.

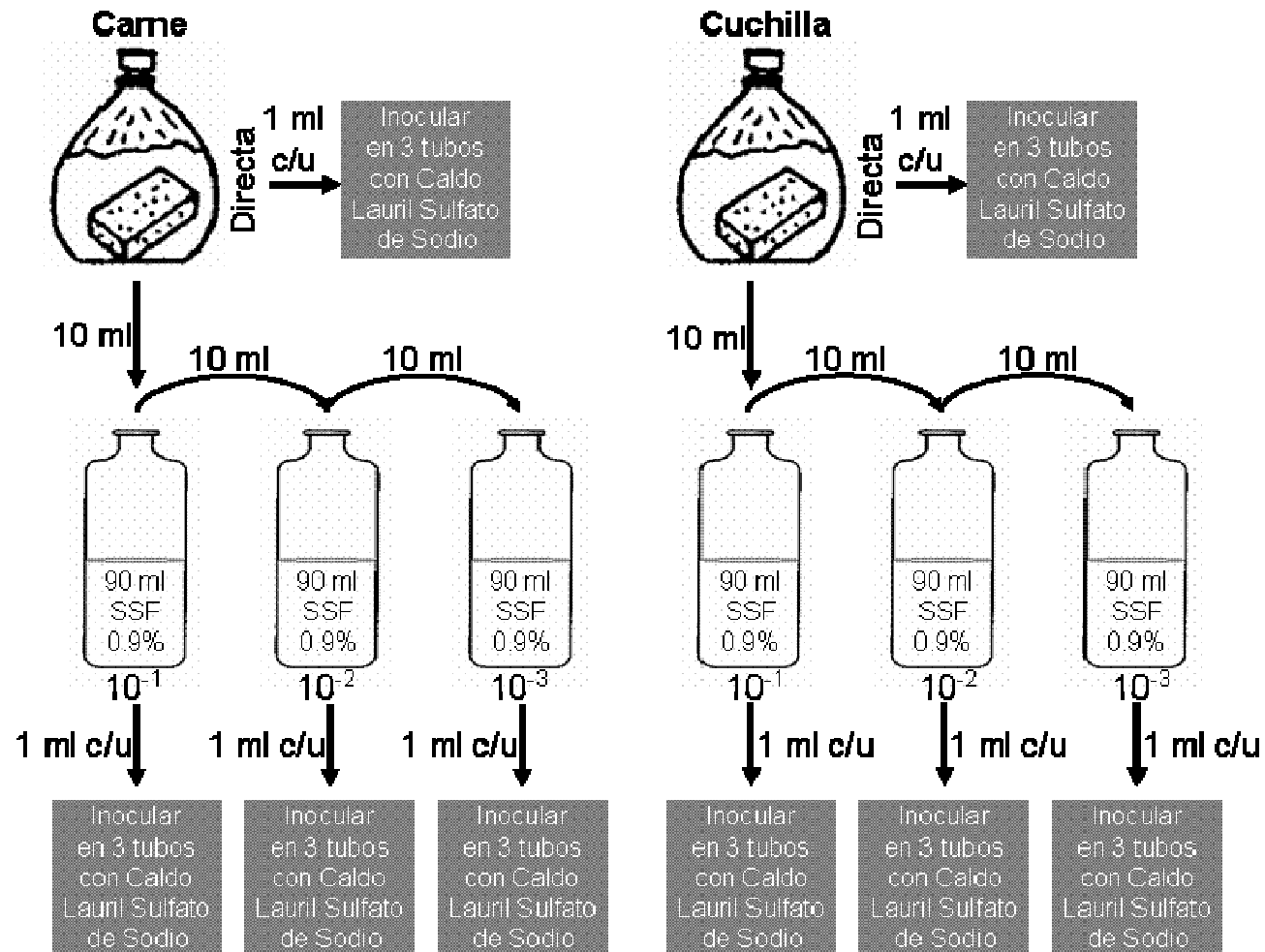
Posteriormente, con un guante estéril, se toma la esponja retirándose de la bolsa de plástico que la contiene, para frotarse completamente en la superficie a muestrear.

Terminada esta tarea se procede a introducir nuevamente la esponja en la bolsa y se adiciona la parte restante de los 200 ml de la SSF ésteril al 0.9% y se homogeniza exprimiendo repetidamente la esponja.

Inmediatamente de obtenida la muestra, se remite al sitio de procesamiento, siendo transportada en un contenedor de material plástico con refrigerantes.

La suspensión que se obtiene, se considera como la muestra directa, y a partir de ella se realizan las diluciones en 90 ml de SSF al 0.9% previamente esterilizada como lo muestra el Diagrama 2:

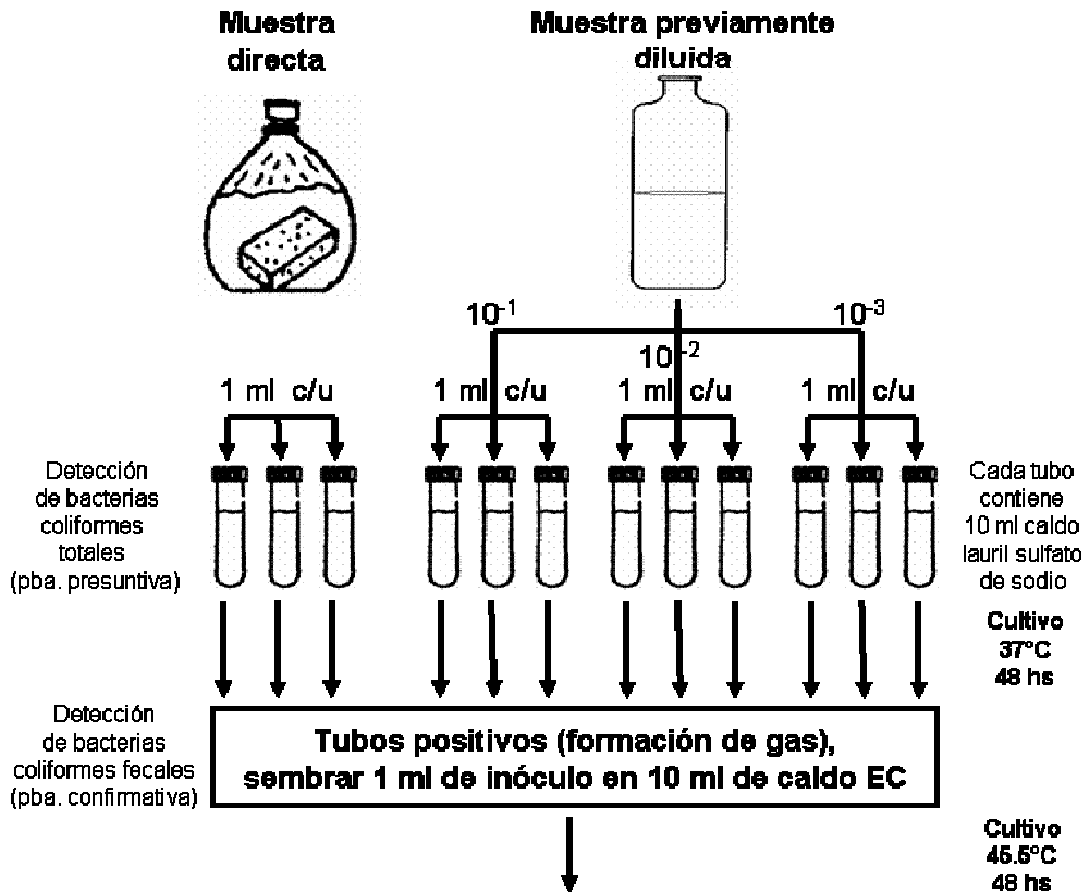
Diagrama 2: Representación esquemática de la dilución de muestras para su análisis microbiológico



Adaptado de: Avilés, 1981.

ANEXO 2

Representación esquemática de la inoculación de los tubos para la determinación de bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales



Adaptado de: Avilés, 1981.

Para la lectura de los tubos en serie de 3, se utilizaron las tablas de Número Más Probable (NMP), presentes en la NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica de número más probable.

ANEXO 3

Plan de limpieza y desinfección en cuchillas de despiece

Empresa: _____	Ficha elaborada por: <u>Alonso Rosas Sierra</u>
Fecha de emisión: <u>23 de Mayo de 2008</u>	Instrucción de Trabajo No. _____
Zona: <u>Sala de despiece</u>	Periodicidad: <u>Cada hora, durante y al final del despiece</u>
Objetivo: <u>Cuchillas de despiece</u>	

MODO OPERATIVO

1. Etapas preoperatorios.
 - a. Los operarios deben lavarse las manos.
 - b. Se dejan las mesas libres.
 - c. Evitar la entrada de materia prima a las mesas de trabajo.
2. Prelavado.
 - a. Raspar las superficies de las cuchillas con espátula, procurando retirar los restos de carne y grasa de la superficie y de las uniones con los mangos.
 - b. Tallar las superficies de corte con piedra pómez y agua a temperatura ambiente.
 - c. Enjuague con agua a temperatura ambiente.
3. Limpieza.
 - a. Rociar las superficies con agua a 60°C y detergente en polvo. No olvidar los rincones, las hendiduras y las uniones de las cuchillas con los mangos.
 - b. Cepillar las superficies.
 - c. Dejar actuar 5 minutos.
4. Aclarado.
 - a. Eliminar los residuos de detergente con un chorro de agua a temperatura ambiente.
5. Desinfección.
 - a. Sumergir la cuchilla en solución desinfectante: Yodo yoduro absoluto diluido en agua a 25 ppm (diluir 2.5 ml de yodo yoduro absoluto en 10 l de agua) o peróxido de hidrógeno diluido en agua al 6% (diluir 60 g de peróxido de hidrógeno en polvo en 10 l de agua).
 - b. Dejar actuar el desinfectante por 5 minutos.
 - c. Procurar rotar el desinfectante mensualmente, para evitar la generación de resistencia a los desinfectantes.
6. Aclarado final.
7. Etapas finales.
 - a. Dejar escurrir en la posición más favorable.
 - b. Aclarar los cepillos, colgarlos en un armario específico con las cerdas hacia abajo para dejarlos escurrir.

Adaptado de: Hyginov (2003).