

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA CARNE DE
CERDO PARA CONSUMO HUMANO QUE SE EXPENDE EN MERCADOS
MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE
GUATEMALA**

TESIS

**II. Presentada a la honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de
San Carlos de Guatemala**

VI. POR

XIOMARA PAOLA CASTILLO SERRANO

III. AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE

VII. MÉDICO VETERINARIO

GUATEMALA, AGOSTO 2001

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

DECANO:	Dr. MARIO LLERENA
SECRETARIO:	Lic. ROBIN IBARRA
VOCAL I:	Lic. CARLOS SAAVEDRA
VOCAL II:	Dr. FREDY GONZALEZ
VOCAL III:	Lic. EDUARDO SPIEGELER
VOCAL IV:	Br. DINA REYNA
VOCAL V:	Br. VALESKA MOSS

ASESORES

**Dr. JAIME ROLANDO MENDEZ
Dra. BLANCA ZELAYA DE ROMILLO
DR. LUIS MORALES**

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el presente trabajo de tesis titulado:

**“EVALUACION DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA CARNE
DE CERDO PARA CONSUMO HUMANO QUE SE EXPENDE EN
MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA
CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA”**

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

MEDICO VETERINARIO

ACTO Y TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

MIS PADRES

Otto Rolando Castillo Herrera

Blanca Leticia Serrano de Castillo

Sus sabias enseñanzas y su amor me permitieron
lograr este triunfo.

MIS HERMANOS

Claudia , Stephany

Rony y Hugo

FAMILIA SERRANO PAIZ

FAMILIA CASTILLO HERRERA

MI ESPOSO

Enio Ovalle

Tu amor y apoyo hicieron posible este logro

MI AMIGO DE TODA LA VIDA

Estuardo Pelaez

MI AMIGA

Ligia Furlán

Mi triunfo lo comparto contigo

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS AMIGOS

**ESTUARDO PELAEZ
GUSTAVO CHACON
ETTY ROSALES**

**FAMILIA PELAEZ ALVAREZ Y
RUTH MARIE ROSALES**

**Por abrirme las puertas de su hogar y de
sus corazones**

SEÑORES SEGOVIA

COMPAÑEROS DE TRABAJO DE LA EMPRESA PROAVISA

A MIS ASESORES

**Dr. JAIME MÉNDEZ
Dr. LUIS MORALES
Dra. BLANCA DE ROMILLO**

**AL DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**AL DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA DE LA FACULTAD DE
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**A TODO EL PERSONAL DOCENTE DE LA ESCUELA DE MEDICINA
VETERINARIA**

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION	1
II.	HIPOTESIS	3
III.	OBJETIVOS	
	3.1. Objetivo general	4
	3.2. Objetivos específicos	4
IV.	REVISION DE LITERATURA	
	4.1. Características de la carne de cerdo	5
	4.2. La matanza higiénica y su significado para la calidad de la carne	6
	4.3. Influencia de los métodos de conservación en la calidad de la carne	8
	4.3.1. Secado salado y curado	8
	4.3.2. Ahumado y calentamiento	10
	4.3.3. Refrigeración	12
	4.3.4. Congelación	13
	4.3.5. Conservación química	14
	4.4. Factores que afectan el crecimiento de los microorganismos que alteran la carne	15
	4.4.1. Temperatura	15
	4.4.2. Humedad y presión osmótica	16
	4.4.3. pH	16
	4.4.4. Ambiente	17
	4.4.5. Humanos	17
	4.5. Descomposición y alteración de la carne	18
	4.5.1. Descomposición de las grasas	19
	4.5.2. Hueso hediondo	20
	4.5.3. Fosforescencia	22
	4.6. Principales bacterias que alteran la carne	22
	4.6.1. <i>Salmonella sp.</i>	24
	4.6.2. <i>Escherichia coli</i>	26
	4.6.2.1. <i>E. coli</i> enterotoxigénica (ECET)	27
	4.6.2.2. <i>E. coli</i> enteroinvasiva (ECEI)	27
	4.6.2.3. <i>E. coli</i> enteropatogénica (ECEP)	28
	4.6.2.4. <i>E. coli</i> enterohemorrágica (ECEH)	28

4.7. Importancia del control microbiológico de los alimentos	29
4.8. Métodos para la determinación de microorganismos	29
4.9. Aspectos importantes que influyen en el valor de uso de los microorganismos	30
V. MATERIALES Y METODOS	
5.1. Materiales	
5.1.1. Recursos Humanos	32
5.1.2. Recursos de laboratorio	32
5.1.3. Recursos químicos	33
5.1.4. Recursos físicos	33
5.1.5. Centros de referencia	34
5.1.6. Muestra	34
5.2. Metodología	
5.2.1. Universo	34
5.2.2. Diseño de estudio	34
5.2.3. Recolección de la muestra	35
5.2.4. Procesamiento de la muestra en el laboratorio	
5.2.4.1. Aislamiento y conteo de <i>E. coli</i>	35
5.2.4.2. Aislamiento de <i>Salmonella sp.</i>	36
5.2.5. Análisis de resultados	37
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	39
VII. CONCLUSIONES	41
VIII. RECOMENDACIONES	42
IX. RESUMEN	43
X. BIBLIOGRAFIA	45
XI. ANEXOS	47

INDICE DE LISTADOS

Lista No.		Pág.
1	Mercados municipales y supermercados muestreados de la ciudad capital de Guatemala que expenden carne de cerdo	48

INDICE DE FICHAS

Ficha No.		Pág.
1	Ficha de registro de expendios muestreados	50

INDICE DE TABLAS

Tabla No.		Pág.
1	Parámetros de la presencia de <i>Escherichia coli</i> en carne de cerdo expendida en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala. 2001	51
2	Recuento promedio de <i>Escherichia coli</i> en carne de cerdo expendida en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala (UFC/gr.). 2001	52
3	Presencia de <i>Escherichia coli</i> en carne de cerdo expendida en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala (%). 2001	54
4	Presencia de <i>Salmonella sp.</i> en carne de cerdo expendida en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala (%). 2001	57

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No.		Pág.
1	Recuento promedio de <i>Escherichia coli</i> en carne de cerdo expendida en los mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala (UFC/gr.). 2001	53
2	Presencia de <i>Escherichia coli</i> en mercados municipales de la ciudad capital de Guatemala (%). 2001	55
3	Presencia de <i>Escherichia coli</i> en supermercados de la ciudad capital de Guatemala (%). 2001	56
4	Presencia de <i>Salmonella sp.</i> en mercados municipales de la ciudad capital de Guatemala (%). 2001	58
5	Presencia de <i>Salmonella sp.</i> en supermercados de la ciudad capital de Guatemala (%). 2001.	59

I. INTRODUCCION

En los últimos años la preocupación general de los consumidores ha estimulado la demanda de alimentos más sanos y de mayor calidad. La inocuidad de los alimentos es esencial para mantener la salud y el bienestar del hombre, y la complejidad, cada vez mayor, de la sociedad moderna ha incrementado los riesgos de contaminación de los alimentos mediante la acción de varios agentes químicos como biológicos (bacterias).

Las inspecciones ante y post mortem han demostrado ser efectivas en lo que respecta a la eliminación de animales septicémicos de las canales alimenticias. Por consiguiente, los organismos patógenos en los cárnicos son introducidos principalmente por la contaminación en el momento de separar las partes comestibles de las partes no comestibles de las canales o durante su manipulación posterior.

El conocimiento cada vez más amplio de la transmisión de enfermedades a través de los alimentos, en este caso la carne, ha determinado que en un número de países cada vez mayor, incluso el nuestro, se considere la necesidad de someter estos productos y los distintos ambientes con los que entran en contacto, a ciertas pruebas o estudios encaminados a evaluar su inocuidad.

El control microbiológico de los alimentos es importante desde el punto de vista sanitario porque las enfermedades microbianas que ocurren por ingestión de alimentos contaminados no han podido ser erradicadas en el mundo a pesar de los avances en el campo de la higiene.

Hoy en día están cambiando las condiciones de funcionamiento de la industria agroalimentaria en general y más específicamente las de la elaboración de productos

cárnicos de origen porcino. La inocuidad y calidad de los alimentos son motivo de atención creciente por parte de los consumidores, sobre todo en los países industrializados.

El presente estudio abarca la evaluación de la calidad microbiológica de la carne de cerdo para consumo humano que se expende en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala. Se determinó específicamente la presencia de *Escherichia coli* y conteo de *unidades formadoras de colonia*, así como la presencia de *Salmonella sp.*

IV. HIPOTESIS

No existe diferencia en la calidad microbiológica de la carne de cerdo que se expende en los mercados municipales con la de los supermercados de la ciudad capital de Guatemala.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de la calidad microbiológica de la carne de cerdo que se expende en la ciudad capital de Guatemala.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar si existe diferencia significativa en la calidad microbiológica de la carne de cerdo que se expende en mercados municipales con la de los supermercados de la ciudad capital de Guatemala.

Establecer la presencia de *Salmonella sp.* y *Escherichia coli* en la carne de cerdo que se expende en los mercados municipales y supermercados de la ciudad capital.

Determinar la cantidad de unidades formadoras de colonias de *Escherichia coli* (UFC/gram) presentes en la carne de cerdo que se expende en los mercados municipales y supermercados de la ciudad capital.

IV. REVISION DE LITERATURA

En el animal sano y fisiológicamente normal puede considerarse que los órganos, que no hayan entrado en contacto con el medio externo, son virtualmente estériles. Si bien las operaciones de sacrificio y faenado pueden introducir bacterias en sangre, tejidos y órganos (3, 10).

4.1. CARACTERISTICAS DE LA CARNE DE CERDO

La carne de cerdo es una excelente fuente de proteínas, vitaminas, minerales traza y grasa. En la mayoría de los países latinoamericanos y de otras partes del mundo, el cerdo forma parte de muchos platillos, por lo que su consumo es un hábito alimenticio difícil de sustituir (15).

Una sola porción de carne magra de cerdo guisada proporciona más de la mitad de las proteínas, 74-103% de tiamina, 18-37% de vitaminas B6 y B12, niacina y riboflavina, 19-35% de hierro y sólo 9% de las calorías que necesita un adulto diariamente (15).

La carne de cerdo es alta en fósforo, casi libre de calcio, alta en potasio, pero relativamente baja en sodio y es buena fuente de hierro, magnesio, manganeso y zinc. En general no existen problemas para la utilización de muchos de estos elementos como sucede con los minerales presentes en las plantas (15).

4.2. LA MATANZA HIGIENICA Y SU SIGNIFICADO PARA LA CALIDAD DE LA CARNE

Se entiende por matanza en un sentido profesional, el sacrificio de animales por la extracción de sangre por medio de la cual se procede a obtener carne para la nutrición humana. Durante el proceso de la matanza se da una serie de situaciones críticas que tienen influencia duradera, tal vez decisiva, sobre la calidad de la carne. Para reducir los riesgos en estas situaciones, el proceso de la matanza tiene que ser adecuado, técnicamente bien hecho y acompañado de las medidas higiénicas (7).

Entre los animales de matanza, el cerdo tiene una posición especial ya que se consume también su piel; por lo que se debe limpiar bien y rasurar los pelos, propiciando con esto la reducción de los gérmenes. El método más fácil y eficaz es escaldar los cerdos en agua a una temperatura entre 58° C y 60° C. Asimismo, por la influencia del calor se mueren muchos microbios criófilos y mesófilos (7).

La carne se halla expuesta a la contaminación microbiana desde el momento en que se desangra al animal hasta el momento del consumo. En el matadero existen numerosas fuentes potenciales de infección, como la piel de los animales, la suciedad que le impregna, el contenido gastrointestinal (cuando se vierte durante la preparación de la canal), el aire, el agua (usada para lavar la canal, para humedecer paños, para lavar el piso), los utensilios (cuchillos, sierras, ganchos, etc.), los diversos recipientes usados y finalmente el personal obrero (3).

Cuando en el desangramiento se utiliza un cuchillo contaminado o al seccionar los vasos sanguíneos se introducen los microorganismos que contaminan

la piel del animal hacia dentro de la canal, lo que produce contaminación de los tejidos (3, 7).

El destace adecuado, significa que los cuerpos de los animales no recibirán ningún daño higiénico, por lo que debe realizarse con manos y cuchillos limpios, en las zonas de las cavidades abdominales y torácica. A menudo se puede observar que en el interior de las canales empieza el proceso de descomposición o putrefacción. En ningún caso se deben limpiar las canales con toallas o esponjas, igualmente importante es el no cortar la carne con el cuchillo mientras se está descuerando. Las partes de las canales y los órganos se limpian de las impurezas con un chorro de agua a presión (3, 7).

Las vísceras sacadas de los cuerpos de los animales, deben ser retirados inmediatamente del lugar del destace para minimizar la contaminación, tanto de las canales como de los cuartos de trabajo. La separación, el vaciado, volteado y lavado de las vísceras tienen que realizarse en cuartos separados, especiales para estos procedimientos (7).

Dentro de lo posible, se debe evitar el tráfico de personas en la sala de matanza, pudiéndose adoptar como una solución higiénica la centralización del lavado de vísceras rojas y verdes, transportándolas en carritos o resbaladeros. De este modo se impide el tráfico de personal (7).

4.3. INFLUENCIA DE LOS METODOS DE CONSERVACION EN LA CALIDAD DE LA CARNE

Los métodos de conservación prolongan la durabilidad de la carne y de los productos cárnicos, mientras se impide el crecimiento de los microorganismos o se les extingue. El efecto de la conservación se basa en la detención del crecimiento de los microbios y en la reducción de la actividad agua (7, 11).

4.3.1. *Secado, salado y curado*

Por el proceso de **secamiento** se extrae agua de la carne, con lo que los microorganismos pierden una base vital muy importante para sobrevivir. Por la reducción de agua, también se reduce la actividad de las enzimas de la carne. Al suprimir el agua que es medio de transporte, no pueden llevarse a cabo las reacciones químicas (7, 11).

Se corta la carne en rodajas o tiras delgadas y con o sin sal, se pone al sol o donde circule aire. La carne así tratada se diferencia de la fresca, en el sabor, el color, la consistencia y la utilización (7, 11).

El secamiento de la carne se puede realizar a temperaturas altas o bajas:

- Secamiento en temperaturas altas.
- Secado al vacío con medios secos.
- Congelado en seco (7, 11).

El **salado** de la carne es un método muy antiguo. La prolongación de la durabilidad se logra por medio de la reducción de la actividad agua, a través de la absorción o de la actividad de las enzimas que provocan la autodestrucción de la carne (7, 11).

Por la modificación de la presión osmótica, la sal reduce el agua en la carne y reduce las posibilidades de vida de los microbios. La sal también disuelve diferentes proteínas de carne que favorecen la absorción del agua en la producción de salchichas (7, 11).

El tratamiento de la carne fresca con sal común acelera la oxidación de las grasas y el cambio de color de rojo a gris. Por eso, normalmente se mezcla sal común con nitritos para **curar** la carne, para así reducir la predisposición contra el calor, la luz y el oxígeno de los colorantes de la carne (hemoglobina y mioglobina) (7, 11).

El valor de pH debe ser menor que 5.8 para favorecer la penetración de la sal en la carne y la reducción de agua en los productos **curados secos**. Un pH alto tiene el efecto de esponjar las proteínas de los músculos y favorecer la absorción y aglutinación del agua, lo que es ventajoso en la producción de productos **curados cocidos** (7, 11).

La manera en que la sal penetra en el producto curado depende del método de curación. Independientemente del método, la sal tiene que dispersarse uniformemente en la carne. De ese proceso de difusión de la sal depende el éxito del curado (7, 11).

Una concentración fuerte influye negativamente en la calidad de los productos curados, debido al sabor salado. Mientras que la sal conserva y da sabor a los productos cárnicos, la función de los aditivos es darles color rojo. Los productos curados, se diferencian de la carne fresca en el color. Para el enrojecimiento es necesario que se forme óxido nitroso del nitrito de

la sal curante. La reducción del nitrito de la sal curante se denomina **curado rápido** debido a su corta duración. Lo decisivo en el proceso de curación, es la formación de nitrito en óxido nitroso y la incorporación de dicho enrojecimiento con la mioglobina de la carne. Con esto se evita el color gris en la carne (7, 11).

Los aditivos, contienen ácido ascórbico (vitamina C) y diferentes clases de azúcares que reaccionan con el nitrito. Estos tienen un efecto de reducción muy fuerte y no deben mezclarse con el nitrito (7, 12).

La presencia de los aditivos curantes provoca una alta formación de óxido nitroso, hasta un 50%. Los microbios y las enzimas reducen los azúcares a ácidos y logran un valor pH favorable para el enrojecimiento, tienen un efecto favorable en el sabor y aroma de los productos curados (7, 11).

4.3.2. Ahumado y Calentamiento

Como **ahumado** se entiende a la influencia del humo en los productos cárnicos. El humo se produce por la combustión lenta de madera en forma de viruta, aserrín o ramas de árboles. Con **ahumado frío** se ahuman principalmente salami y productos cárnicos crudos. La intensidad del humo frío depende de cómo se coloque los materiales de ahumar y el grado de humedad de los mismos. El rango de temperatura para este proceso está entre 15 y 25°C. La temperatura del ambiente tiene gran influencia en este proceso (7, 11).

El **ahumado caliente** tiene un rango de temperaturas de 20-60°C. Con este humo se conserva la superficie de salchichas ahumada y/o salchichas cocidas.

El éxito del ahumado se consigue con medios como Fenol aldehidos, cresoles, creosota, ácidos y alcoholes. Estos componentes son eficaces para desinfectar y ayudar a mejorar el sabor de los productos cárnicos ahumados (7, 11).

Es de hacer notar que mientras más baja sea la temperatura del ahumado, será menor su contenido de partículas indeseables (7, 11).

El tratamiento de los productos cárnicos con **calor** medio o alto, persigue dos objetivos: la preparación y la conservación de los mismos (7, 11).

Por la cocción se eliminan los microorganismos, por eso se obtiene una mejor durabilidad de los productos cárnicos (7).

Existen varios métodos de cocción según la combinación de calor con aire, agua, vapor o grasa:

- Cocer: cocinar en agua hirviendo.
- Cocer al vapor: cocinar con vapor.
- Hornear: cocinar con aire caliente.
- Asar a la parrilla: cocinar con calor radiante.
- Estofar: cocinar en el jugo propio.
- Guisar: primero asar en grasa caliente y después cocinar en agua.
- Freír: cocinar abundante en grasa caliente (7).

Cada método de calentamiento debe tener el propósito de destruir los gérmenes y las enzimas de la carne, debido a esto se logra una prolongación de la durabilidad. La temperatura alta no es la única medida contra los microbios sino que también el tiempo de calentamiento. Se deben evitar los procedimientos inadecuados, cuya desventaja es la pérdida de calidad y de sustancias nutritivas (7).

4.3.3. Refrigeración:

La utilización de frío reduce la actividad de los microbios y por eso se prolonga la durabilidad de los productos. La reducción de la temperatura en 10°C prolonga la durabilidad de los productos cárnicos dos o tres veces más (7).

Con una humedad relativa baja, se detiene el crecimiento de las bacterias, pero la consecuencia es una gran merma de peso. Si se quiere evitar el crecimiento de las bacterias y a la vez una gran merma de peso, se usan los siguientes procedimientos, independientemente del método de refrigeración:

- a. Inicialmente baja humedad relativa (80-90%) y alta circulación del aire (1-4 m/s). Las consecuencias son secamiento rápido y pronta detención del crecimiento de los microbios.
- b. Seguidamente una alta humedad relativa (90-95%) y baja velocidad de circulación de aire (0.1-0.3 m/s) (7).

Independientemente del tipo del equipo, se diferencian dos métodos de refrigeración:

Refrigeración rápida: Se enfría la carne en una fase hasta 4°C. Las condiciones de refrigeración son:

- temperatura alrededor de 0°C.
- humedad relativa de 85%.
- Circulación de aire de 1-4 mts/s (7).

Aproximadamente después de este proceso se realiza el almacenaje frío, en un ambiente de temperatura entre 2-6°C.

Refrigeración de choque: Se trabaja en dos fases. La primera dura 2 horas y se lleva a cabo bajo las condiciones siguientes:

- temperatura de -8°C.
- humedad relativa de 90%
- circulación de aire de 1-4 mts/s.

En la segunda fase se refrigera a una temperatura de 0°C, para evitar que se congele la superficie de la carne (7).

4.3.4. Congelación:

Se entiende como congelación, la conservación de alimentos a temperaturas entre -10 y -15°C. Bajo condiciones correctas de congelación y descongelación, la carne congelada logra casi la calidad de la carne fresca. La congelación es entre todos los métodos de conservación, el que trata a los productos con mayor cuidado (7).

En las carnicerías se congelan canales y cortes de carnes. La congelación de la carne se efectúa después de refrigerada, además, se deben utilizar temperaturas de entre 30°C a 45°C, la velocidad del aire debe ser de entre 3-6 m/s; la humedad relativa debe ser de 100%. En estas condiciones se termina la congelación de las canales o cortes de carne, dependiendo su peso, en unas 12 a 20 horas (7).

Por razones higiénicas, la carne congelada debe empacarse para evitar olores extraños y la merma de peso por agua condensada (7).

Las condiciones para la calidad de la carne descongelada son: una temperatura de almacenaje permanente y proporcionada, una humedad alta y una circulación de aire baja. La temperatura de descongelación de la carne debe ser igual a la del ambiente de un cuarto frío o refrigeradora (7).

El riesgo del crecimiento microbiano aumenta cuando las temperaturas suben. La circulación de aire debe ser de entre 0.5-2 m/s, la humedad relativa no debe ser menor de 95% (7).

4.3.5. Conservación química:

La conservación química destruye los microorganismos o los evita. Esto sucede al influir en el sistema enzimático de la membrana celular de los microorganismos, lo que lleva a una transformación del metabolismo y luego a la muerte de los mismos (7).

Por lo general se utilizan sustancias químicas para la mejor conservación de alimentos perecederos. Principalmente se utilizan sorbato

de sodio o benzoato de sodio. En la conservación de los alimentos se pueden usar irradiaciones para la esterilización, luego se matan los microbios con rayos ultravioleta. Con este sistema se pueden esterilizar las superficies de las canales, el lugar de trabajo y las superficies de las mesas de trabajo, lográndose duplicar la durabilidad de la carne en temperaturas frías. Los rayos ultravioleta solamente son eficaces en las superficies porque no pueden penetrar las piezas de carne, sin embargo, destruyen también las vitaminas de la carne y activan el proceso de ranciamiento de las grasas (7).

4.4. FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS QUE ALTERAN LA CARNE

Los microorganismos satisfacen a partir de la carne las necesidades básicas para su crecimiento (carbono, nitrógeno, vitaminas, etc.). Para el crecimiento bacteriano también son esenciales los factores que se mencionan a continuación:

4.4.1. **Temperatura:** La temperatura es el factor que más afecta al crecimiento de los microorganismos. En general, cuanto mayor es la temperatura mayor es la velocidad de crecimiento. Los microorganismos de la carne suelen agruparse en tres categorías: psicrófilos (los que tienen la temperatura óptima de crecimiento entre -2 y 7°C), mesófilos (entre 10 y 40°C) y termófilos (entre 43 y 66°C) (1, 3).

El calentamiento y el enfriamiento son suficientes en muchos casos para provocar alteraciones. Durante la manipulación, el almacenamiento y en los

estadios de preparación debe mantenerse baja la temperatura. Una temperatura suficientemente alta destruirá todas las bacterias; el frío extremo no acaba con todos los microorganismos, pero evita su multiplicación (1, 3, 9).

4.4.2. **Humedad y presión osmótica:** Después de la temperatura, la humedad es el principal factor que afecta al crecimiento de los microorganismos sobre la carne. La necesidad de agua de los microorganismos que alteran la carne ha sido expresada mediante el término actividad del agua (A_w). La A_w de una solución se define como la relación existente entre su presión de vapor y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. La A_w de la carne fresca por lo general se encuentra en la vecindad de 0.99 y, por tanto, es susceptible a la alteración por numerosos microorganismos (1, 3, 11).

4.4.3. **pH:** El pH post mortem de la carne depende de la cantidad de ácido láctico producido a partir del glucógeno durante la glucólisis anaeróbica. La cantidad de ácido láctico producido será menor cuando se ha reducido la cantidad de glucógeno por la fatiga, ayuno o excitación de los animales antes del sacrificio (3, 6, 12).

El pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias se halla próximo a 7, no creciendo bien a valores pH inferiores a 4 o superiores a 9 (3, 7, 11).

4.4.4. **Ambiente:** La contaminación ambiental es siempre importantísima. El aire está siempre más o menos enrarecido y contiene partículas orgánicas y minerales que constituyen el polvo y además un contenido microbiano que depende de diversas circunstancias. La capacidad de los locales y su aireación tienen mucha importancia en la riqueza microbiana del medio ambiente (1, 7, 11).

4.4.5. **Humanos:** Las contaminaciones de origen humano pueden producirse al toser las personas que manipulan los alimentos, y sobre todo al tocar éstos con las manos.

La carne que se ha preparado bajo condiciones de limpieza, con los cuidados adecuados para reducir al mínimo la posibilidad de una contaminación bacteriana, conserva mejor sus características que la carne que se ha manejado en forma desaseada (1, 7, 11).

Es importante mencionar que los cambios consecuentes durante el rigor mortis afectan directa o indirectamente el desarrollo de bacterias y de otros microorganismos:

1. autólisis.
2. Aumento de la capacidad de hidratación.
3. Interrupción de la acción fagocitaria.
4. Disminución del pH.
5. Disminución del potencial de reducción y oxigenación.
6. Liberación de calcio y sodio y absorción de potasio (11).

4.5. DESCOMPOSICION Y ALTERACION DE LA CARNE

Al satisfacer sus necesidades nutritivas los microorganismos modifican la carne. Algunas modificaciones no son perjudiciales e incluso son favorables, pero la mayoría alteran la carne y además, pueden ser letales para el consumidor (3).

La descomposición representa la degradación de la materia orgánica, sobre todo de las proteínas, aunque también de las grasas y carbohidratos, por la acción de microorganismos que actúan sobre la carne y producen diversas sustancias químicas, de las que muchas son gaseosas y malolientes (9).

Los alimentos con un elevado porcentaje de humedad como la carne, se deterioran rápidamente, a menos que se actúe de modo oportuno para evitarlo (9).

Además de la alteración microbiana, en la manipulación, transporte y procesado de los alimentos se producen daños físicos, que constituyen otras formas de deterioro, como sucede con los insectos y otros parásitos. Los alimentos lesionados de esta forma son más susceptibles de sufrir cambios por acción microbiana (9).

La contaminación inicial de las carnes frescas tiene orígenes muy diferentes: suelo, polvo, heces y agua, equipo, manos y vestuario del personal representan otras tantas causas de contaminación (9).

A veces se presenta en la superficie de carnes, tanto procesadas como frescas, un estado viscoso, el que se debe al desarrollo microbiano bajo condiciones favorables de humedad, tiempo y temperatura. El aspecto mucoso es producido por miles de millones de microorganismos, no es un producto metabólico de los mismos (9).

Las primeras etapas de descomposición con formación de limo no pueden identificarlas rápidamente la mayoría de las personas. Generalmente, en forma errónea, se considera que es una capa superficial grasosa. El término grasienta se emplea frecuentemente para referirse a las etapas iniciales de desarrollo de limo. Más tarde se usa el término resbalosa para describir a veces la naturaleza física de la superficie del producto. El desarrollo de microorganismos que producen limo puede aumentar bajo condiciones favorables, a tal grado que la descomposición hace al producto inadecuado para la alimentación (3, 11).

4.5.1. Descomposición de las grasas:

El problema del enranciamiento de las grasas surge al almacenar cualquier tipo de alimento. El olor o sabor desagradables de las grasas puede deberse a absorción de olores extraños, como sucede cuando la carne se conserva en una cámara previamente utilizada para fruta; oxidación atmosférica; la acción de microorganismos que den lugar a una hidrólisis acentuada de las grasas (8, 11).

El tipo de alimentación del cerdo también influye sobre la rapidez de la oxidación; por ejemplo, la administración de raciones abundantes a base de subproductos o piensos de baja calidad producen una grasa blanda con elevada proporción de ácidos grasos insaturados, que tienden a transformarse en aldehídos y cetonas, generando, así, el color acre peculiar del enranciamiento; en canales de cerdos alimentados con aceite de hígado

de bacalao o con harinas de pescado se presenta rápidamente el enranciamiento con coloración amarillenta de la grasa (8, 11).

De ordinario, el enranciamiento de la grasa de cerdo se asocia con el cambio de color de la misma que pasa de blanco a amarillo; el olor rancio se detecta frotando entre las manos un poco de grasa (8, 11).

Otro factor responsable del mal olor de las grasas lo constituye la actividad de los microorganismos hidrolíticos que producen ácidos grasos libres. Este incremento de la acidez se manifiesta por olores rancios, que limitan la vida de almacén de la carne refrigerada. Masticando un pequeño trozo de grasa se obtiene una valiosa información acerca de la existencia de enranciamiento (9).

4.5.2. ***Hueso hediondo:***

Una canal recién sacrificada pierde rápidamente su calor corporal cuando el aire circulante es fresco, seco y se mueve continuamente. La velocidad de enfriamiento es lenta en las canales grandes, debido a su mayor grosor, así como en las excesivamente grasas, por lo que la temperatura elevada persiste en las porciones profundas de la musculatura de estos animales y favorece las alteraciones indeseables. Estos cambios dan lugar al denominado hueso hediondo y se acompaña del crecimiento de bacterias de la putrefacción, presentándose, más frecuentemente, en la articulación de la cadera de cerdos y bovinos (9).

Es probable que las bacterias esporuladas anaerobias de procedencia intestinal ingresen en el torrente circulatorio antes de producirse la muerte y no mientras ésta tiene lugar o durante la etapa de sangría, ya que la entrada se ve facilitada por el agotamiento previo al sacrificio, miedo, shock o por un esfuerzo repentino, como pudiera ser la subida a la planta más alta del matadero, predisponiendo, todo ello, a la aparición de esta alteración en los tejidos que rodean a la cabeza del fémur (9).

El olor del hueso hediondo se percibe en la musculatura que rodea al fémur y en la médula ósea; es muy típico y absolutamente distinto del de la carne en descomposición, recordando el olor de las aguas residuales procedentes del lavado de las tripas. Esta alteración suele estar acompañada de un cambio del color de los músculos, que pasan a tener una tonalidad grisácea o, a veces, púrpura negruzca, si bien es frecuente que se conserve la coloración roja normal (9).

La presencia de hueso hediondo se reduce evitando la contaminación bacteriana de la canal y enfriándola rápidamente a 1.5°C. Con el fin de impedir la presentación del hueso hediondo, la temperatura en el centro de la canal no debe superar los 4.5°C al cabo de 48 horas. En las canales que se dejaron enfriar sobre el pavimento del matadero, la temperatura interna puede ser incluso de 15.5°C, después de transcurridas 48 horas. Los modernos túneles de aire reducen la temperatura del centro de la canal de vacuno a 4.5°C en 20-24 horas (9).

El hueso hediondo es una alteración local que exige el decomiso de los tejidos deteriorados (10).

4.5.3. *Fosforescencia:*

Está causada por diferentes microorganismos, entre los que hemos de destacar *Pseudomonas phosphorescens* (9).

Al comienzo de la fosforescencia, que se presenta al cabo de 7-8 horas cuando se produce de forma artificial, la superficie de la carne examinada, en una sala oscura, muestra zonas luminosas como si la superficie estuviera salpicada de estrellas. La fosforescencia desaparece al instaurarse las modificaciones propias de la descomposición de la carne. Las carnes con fosforescencia o coloraciones superficiales anómalas presentan un aspecto desagradable y repugnante pero, si no existen alteraciones putrefactivas, se aprovechan tras la correspondiente inspección (9).

4.6. **PRINCIPALES BACTERIAS QUE ALTERAN LA CARNE**

Los microorganismos difieren ampliamente en sus características de desarrollo en respuesta al medio ambiente. Las variantes en las características del desarrollo son el resultado de una selección debida a la supervivencia de aquellos microorganismos que prosperan en un ambiente en particular (11).

Es importante recordar que los microorganismos alterativos indican su presencia por coloraciones anómalas, olores y sabores anormales o por cambios de

la consistencia de los alimentos, mientras que la mayoría de los microorganismos responsables de infecciones o intoxicaciones alimentarias, no señalan de este modo su presencia en los alimentos (9).

Los principales microorganismos alterativos existentes en carnes frescas refrigeradas son Gram negativos y responsables de la formación de limo durante el almacenamiento. Estas bacterias se encuentran en todas partes y es, prácticamente imposible evitar que las canales se contaminen, durante las operaciones de faenado. El tiempo preciso para que se forme limo en las carnes crudas depende, directamente, del número inicial de microorganismos presentes en la superficie de la canal. Por consiguiente, resulta especialmente importante practicar métodos higiénicos en el sacrificio, faenado de las canales, ahumado en refrigeración y transporte, ante todo se debe insistir en la limpieza de los animales destinados al sacrificio (9).

Existe una infinidad de bacterias que pueden causar alteración y deterioro de la carne, pero en esta oportunidad se mencionarán aquellas que son responsables de causar toxi-infecciones en humanos. Para los fines de esta investigación, se considerarán dos de las principales Enterobacterias: *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*.

Las enterobacterias son anaerobias o aerobias facultativas, son bacilos gramnegativos móviles, con flagelos peritricos o inmóviles, pero no esporuladores, fermentan gran variedad de carbohidratos, poseen una estructura antigénica compleja y producen diversas toxinas y otros factores de virulencia (10, 12).

Las infecciones causadas por las enterobacterias pueden ocurrir a partir de un reservorio animal (p.ej. la mayoría de las infecciones por *Salmonella*), un portador humano (p.ej. *Salmonella typhi*) o por la diseminación endógena de los organismos en un paciente susceptible (p.ej. *Escherichia sp.*) (12).

4.6.1. SALMONELLA SP.

Se ha recomendado que el género se restrinja a tres especies (*Salmonella choleraesuis*, *Salmonella typhi* y *Salmonella enteritidis*) en base a las reacciones bioquímicas y serológicas, dividiendo los subtipos según las pruebas serológicas (12).

La distribución de *Salmonella* en el reino animal es muy amplia, habiéndose recuperado en aves de corral, reptiles, ganado, roedores, animales domésticos, pájaros y también en el hombre (12).

La salmonelosis es una de las enfermedades más importantes que se transmite mediante los alimentos, no sólo en países en vías de desarrollo, sino también en otros más avanzados (12).

Las infecciones por *Salmonella* pueden presentarse de cuatro formas diferentes: gastroenteritis, bacteremia, fiebre entérica y colonización asintomática (12).

La gastroenteritis es la forma más habitual de salmonelosis. Ocurre debido a la ingestión de alimentos contaminados que contienen un número alto de células. Los alimentos de origen animal se contaminan porque el animal padecía una salmonelosis en el momento del sacrificio (13).

La *Salmonella sp.* se puede encontrar en los intestinos y en la piel de animales que no presentan síntomas de salmonelosis y que, por tanto, pasan inadvertidos durante la inspección anterior a la faena. Durante la matanza de éstos se pueden trasladar a la superficie de la canal. Los porcentajes de contaminación de las canales son variables, en éstos influyen varios factores como son: la especie animal, la edad, la cría de animales, la alimentación, el transporte y el cuidado que se ha tenido durante el sacrificio (13).

Puede ocurrir contaminación cruzada cuando carne cruda que se encuentra contaminada entra en contacto con otros alimentos o con la superficie que se utiliza para preparar alimentos (13).

Frecuentemente los cerdos son portadores crónicos de *Salmonella*, y albergan estos microorganismos en los nódulos linfáticos y los eliminan por las heces fecales (13).

En el degüello de un cerdo las bacterias presentes en el cuchillo pasan rápidamente a la carne de diferentes regiones de la canal, adonde llegan a través de la corriente linfática y sanguínea. La superficie externa del animal contiene, aparte de los suyos propios, gran número de microorganismos procedentes del suelo, agua, piensos y estiércol y en el intestino se encuentran los gérmenes entéricos. Los cuchillos, paños, aire, manos y ropas de los matarifes sirven de fuentes contaminantes inmediatas (16).

Se conocen más de 1700 serotipos de *Salmonella*, pero en la mayoría de los países sólo se aislan regularmente de 40 a 50 serotipos a partir del

hombre y de los animales o de los alimentos. En la mayor parte de los países la *S. typhimurium* es el serotipo aislado con más frecuencia en el hombre, pero la frecuencia con que se aíslan diversos fagotipos es muy variada. En cualquier país pueden aparecer nuevos serotipos, por importación de los animales vivos o de los alimentos para los animales o el hombre (16).

En el hombre, los síntomas de salmonelosis incluyen: dolor de cabeza, dolor abdominal, diarrea, fiebre y náusea, que generalmente empieza de 8-48 horas después de haber ingerido el alimento contaminado. Los síntomas duran de uno a ocho días. Sin embargo, no todas las personas infectadas desarrollan la enfermedad. Es difícil determinar el porcentaje de individuos que se enfermen a causa de *Salmonella*, ya que la presentación del cuadro abdominal muchas veces no es asociada con salmonelosis (13).

4.6.2. *ESCHERICHIA COLI*

Grupo de bacterias que se encuentran generalmente en los intestinos de animales de sangre caliente. Ciertas cepas de *E. coli* causan cuadros entéricos en infantes y viajeros. En la mayoría de los brotes, el organismo es transmitido a través del agua o por contacto directo de una persona a otra. Es importante también la transmisión a través de los alimentos. Se puede transmitir a través del contacto con materia fecal durante el proceso de la matanza o al existir un inadecuado manejo del alimento (2, 8).

La temperatura óptima de crecimiento va de 30-37°C a un pH de 4.5-8.5. Resiste temperaturas de refrigeración y congelación. Se puede multiplicar lentamente a 44°F (2, 8).

Las cepas de *E. coli* que producen gastroenteritis se han dividido en cuatro grupos: enterotoxigénicas, enteroinvasivas, enteropatógenicas y enterohemorrágicas (10, 12).

4.6.2.1 *E. coli* enterotoxigénica (ECET)

Es mediada por exotoxinas termolábiles y termoestables. La acción de la toxina termolábil es similar a la de la toxina de *Vibrio cholera*, produciéndose una hipersecreción de fluidos y electrolitos en el intestino delgado. Es causa común de la diarrea del viajero y causa importante de la diarrea en lactantes en países en desarrollo. La enfermedad se produce tras un período de incubación de 1-2 días y persiste durante una media de 3-4 días. Los síntomas suelen ser leves, con náuseas y vómitos asociados (10, 12).

4.6.2.2. *E. coli* enteroinvasiva (ECEI)

Invade y destruye el epitelio del colon, produciendo una enfermedad que se caracteriza por fiebre y dolor abdominal, con sangre y leucocitos en las heces del individuo (10, 12).

4.6.2.3. *E. coli enteropatogénica (ECEP)*

Es una causa importante de diarrea en lactantes, especialmente en países en desarrollo. La enfermedad se debe a la adherencia del organismo a la membrana plasmática del enterocito y a la destrucción de las microvellosidades adyacentes. El resultado de la infección es una diarrea acuosa, que regularmente se resuelve por sí sola, pero puede ser crónica (10, 12).

4.6.2.4. *E. coli enterohemorrágica (ECEH)*

Produce una citotoxina denominada **verotoxina**, que ha recibido este nombre porque posee efecto citopático en las líneas celulares Vero (células de riñón de mono verde africano). Causa típicamente colitis hemorrágica, con dolor abdominal grave, diarrea sanguinolenta y fiebre (10, 12).

La clasificación serológica de los aislamientos es útil, ya que aproximadamente un 80% de las cepas de ECEH pertenecen al serotipo 0157:H7. La enfermedad es más frecuente en los meses cálidos del año, siendo mayor la incidencia en los niños menores de cinco años (10, 12).

4.7. IMPORTANCIA DEL CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS

El control microbiológico de los alimentos es importante desde el punto de vista sanitario porque las enfermedades microbianas que ocurren por ingestión de alimentos contaminados no han podido ser erradicadas en el mundo a pesar de los avances en el campo de la higiene (17).

El estado bacteriológico de la carne se pone de manifiesto en muestras superficiales y profundas. Las muestras superficiales se obtienen cortando delgadas rodajas, efectuando enjuagues, con torundas o cintas adhesivas y placas de impresión.

Las muestras profundas de carne se deben tomar con precaución a fin de evitar contaminaciones superficiales (9).

4.8. METODOS PARA LA DETERMINACION DE MICROORGANISMOS

En la mayor parte de las determinaciones de microorganismos se puede realizar la cuantificación utilizando medios de cultivo líquidos o sólidos en la siembra inicial. La utilización de los medios líquidos lleva a una lectura indirecta del número aproximado de los microorganismos capaces de haber producido turbidez o determinada reacción bioquímica (cambio de color, producción de gas, etcétera). La cuantificación se realiza comparando el comportamiento del juego de diluciones empleado con una tabla de promedios estadísticos creada al respecto. Este método se denomina *número más probable (NMP)* de microorganismos por

un mililitro o un gramo de alimento y se recomienda su uso cuando se espera que el alimento contenga un número pequeño de los microorganismos a estudiar (9).

La utilización de los medios sólidos implica la lectura de las colonias desarrolladas en el medio de cultivo empleado, suponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo o de un clan de ellos que se encuentra en el alimento. La cuantificación se realiza directamente y se expresa en *unidades formadoras de colonias (UFC)* por mililitro o un gramo de alimento (9).

Este método se denomina conteo en placa y se considera más exacto que el anterior. Se recomienda cuando se sospecha que el alimento contiene un número mayor de los microorganismos a estudiar (9).

Los resultados obtenidos por ambos métodos no son comparables, por lo que deben crearse criterios microbiológicos independientes para cada uno de ellos (9).

4.9. ASPECTOS IMPORTANTES QUE INFLUYEN EN EL VALOR DE USO DE LOS MICROORGANISMOS

Hay aspectos que pueden afectar el valor de uso en la mayor parte de las determinaciones microbiológicas. Los principales según un estudio realizado por el Departamento de Higiene y Control de Alimentos de Cuba son:

- a. Selección adecuada del microorganismo. El conocimiento de los nutrientes y de las características físicas y químicas del alimento es indispensable.
- b. Cantidad y calidad adecuada de la muestra a analizar. La selección de una muestra que garantice la cantidad necesaria del alimento para realizar las

determinaciones microbiológicas y el traslado de la misma al laboratorio con rapidez y en condiciones que mantengan las características que tenía el alimento en el momento en que se efectuó el muestreo, es primordial.

- c. Establecimiento de una buena técnica para la detección del microorganismo. En la mayor parte de las situaciones no es fácil lograr una técnica analítica que además de ser específica, reúna las cualidades de sencillez, rapidez, economía, sensibilidad y reproducibilidad. Según las condiciones económicas existentes en cada país, se deben realizar técnicas que satisfagan estas cualidades en el mayor grado posible, cuidando de normalizarlas para hacer comparables los resultados obtenidos entre los laboratorios.
- d. Estricto cumplimiento del control de calidad de las técnicas analíticas. En la marcha analítica es fundamental controlar y garantizar las manipulaciones, como son la elaboración del medio de cultivo, la homogeneización de la muestra, la realización de las diluciones del inóculo a sembrar y la cuantificación de los microorganismos obtenidos en la siembra.
- e. Establecimiento de especificaciones, criterios o normas microbiológicas según tipo de alimento. Es indispensable la obtención de valores que garanticen la calidad sanitaria según el tipo de alimento y que permitan la comparación con los resultados obtenidos en los estudios microbiológicos (17).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Recursos Humanos

Técnicos del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estudiante investigador.

Asesores del estudio.

5.1.2. Recursos de laboratorio

Balanza

Probetas calibradas

Pipetas calibradas

Autoclave

Mechero de Bunsen

Asas para siembras bacteriológicas

Crayón de grasa

Tubos de ensayo

Cajas de petri

Gasa estéril

Incubadora

Refrigeradora

Cuentacolonias Quebec

Homogenizador y vasos

Tijeras estériles

Pinzas estériles

Cuchillo estéril

Bolsas plásticas de 2 libras

Hielera

5.1.3. Recursos químicos

Agua destilada

Solución salina peptonada

Chromo cult (*E. coli* y conteo de UFC/gr)

Agar Rambach (*Salmonella sp.*)

Caldo Tetrionato (*Salmonella sp.*)

5.1.4. Recursos físicos

Equipo de oficina (computadora, papel bond, diskettes, etc.)

Vehículo

Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y

Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Fichas de campo

5.1.5. Centros de Referencia

Sección de Saneamiento Ambiental, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

COGUANOR, Ministerio de Economía.

Laboratorios Merk, S. A.

Laboratorio de Microbiología, INCAP

5.1.6. Muestra

100 muestras de carne de cerdo (posta). 100 gr./muestra

5.2. Metodología

5.2.1. Universo

Mercados municipales registrados en la ciudad capital y supermercados de la ciudad capital.

5.2.2. Diseño de Estudio

Se realizó un muestreo por conveniencia con asignación sistemática de los expendios en los mercados municipales donde se hizo un muestreo cada 3 marranerías hasta alcanzar un total de 70. En los supermercados de la ciudad capital se muestrearon todas las carnicerías en las que se vende carne de cerdo (lista 1).

En cada expendio se tomó una muestra de posta de cerdo de 100 gramos de manera aséptica en bolsas plásticas debidamente identificadas y se trasladaron en hielera al laboratorio para su posterior procesamiento.

5.2.3. Recolección de la muestra

Una vez por semana durante 4 semanas aproximadamente se visitaron los distintos expendios y se tomó una muestra de posta de cerdo de 100 gramos de manera aséptica utilizando pinzas y cuchillos estériles en cada uno de ellos; dichas muestras se guardaron en bolsas plásticas identificadas y numeradas (Ficha 1) y se trasladaron en hielera al Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia para su posterior procesamiento.

5.2.4. Procesamiento de la muestra en el laboratorio.

5.2.4.1. Procesamiento para el aislamiento de *E. coli* y conteo de Unidades formadoras de colonia (UFC/gr.).

10 gramos de cada muestra se trituraron y se agregaron 90 ml de solución salina peptonada; se homogeneizó. Luego de triturado, se colocó una gasa doble estéril para iniciar las diluciones usando una pipeta de 1 ml. Se realizaron 6 diluciones decimales de cada muestra que iban de la **10^{-1} a 10^{-6}** y se sembraron las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} agregando 1 ml de cada dilución a las placas debidamente identificadas. Se utilizó el medio de cultivo *Chromo Cult* que se caracteriza por ser la combinación de dos sustratos

cromogénicos que son utilizados para la detección de *E. coli* y coliformes totales. Para la preparación de este medio de cultivo se diluyeron 27 gramos en 1 litro de agua desmineralizada y se colocó en un baño de agua hirviendo, se mezcló constantemente durante 35 minutos aproximadamente. No se autoclaveó. Luego se inoculó el medio en las respectivas placas de petri y se sembraron las diluciones. Las siembras se incubaron durante 24 horas a 35-37° centígrados. La lectura se realizó a las 24 horas. La presencia de *E. coli* se evidenció por la aparición de colonias de color azul oscuro a violeta. Para su conteo se tomaron en cuenta las diluciones que estaban dentro de los rangos de 30-300 UFC/gr. Se realizó un promedio de los resultados y todo el procesamiento de la carne se llevó a cabo con la ayuda de la campana bacteriológica y mechero.

5.2.4.2. Procesamiento de la muestra para el aislamiento de *Salmonella sp.*

Se trituraron 10 gramos de cada muestra y se agregaron 90 ml de solución salina peptonada; se homogeneizó. Con ayuda de una pipeta estéril se transfirió 1 cc de esta mezcla a un tubo con 9 cc de caldo tetracionato que es un medio de enriquecimiento que favorece el crecimiento de *Salmonella sp.* e inhibe a las bacterias lactosa (+). Se incubó a 37°C por 24 horas. Luego de este período de incubación se extrajo una porción del tubo incubado usando un

asa estéril y se sembró en el medio de cultivo *Agar Rambach*, se incubó a 37°C durante 24 horas. Este agar se caracteriza por diferenciar *Salmonella sp.* claramente de otras bacterias debido a la adición de propilenglicol al medio de cultivo. Las salmonellas forman ácido a partir del propilenglicol y en combinación con el indicador de pH producen colonias rojas características. Para la preparación de dicho agar se mezcló 1 frasco del suplemento en 1000 ml de agua destilada y se agitó por balanceo hasta que el medio de cultivo estuvo completamente en suspensión. Se transfirió el recipiente de la mezcla a un baño de agua hirviendo durante 35-40 minutos. Se enfrió el medio de cultivo en baño de agua durante 30 minutos. Luego se colocó el medio en las respectivas placas para realizar las siembras. Al igual que el procedimiento anterior, se utilizó campana bacteriológica y mechero para asegurar la esterilidad durante todo el proceso.

5.2.5. Análisis de resultados

Después de obtener los resultados del laboratorio, se elaboraron estadísticas descriptivas. En el caso de *Salmonella sp.* se evaluó la presencia o ausencia de dicha bacteria en cada centro de expendio colocando los resultados como positivo o negativo. Para *E. coli* se evaluó la presencia o ausencia de dicha bacteria y un conteo de unidades formadoras de colonia/gramo de carne (UFC/gr.); se realizó una

transformación de estos resultados a raíz cuadrada para poder elaborar una comparación de medias y por último se utilizó la Prueba de Z para establecer si existía diferencia significativa en la calidad bacteriológica entre la carne de cerdo expandida en mercados y supermercados de la ciudad capital. Se elaboraron tablas y gráficas para la presentación de todos los resultados.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

Al evaluar la cantidad de unidades formadoras de colonias de *Escherichia coli* en carne de cerdo, se observó, por medio del análisis estadístico, que existe diferencia significativa en la calidad microbiológica de la carne que se expende en mercados municipales con la de los supermercados de la ciudad capital, siendo mucho más elevada la cantidad de colonias en la carne de los mercados (tablas 1, 2 y gráfica 1). Dicha diferencia se debe al hecho de que en los mercados los vendedores manipulan alimentos y a la vez dinero y/u otro tipo de contaminantes (cabello, ropa, cuchillos, etc.) sin ninguna protección, medida de desinfección o refrigeración. Además, la carne está expuesta al ambiente, con lo que se favorece el crecimiento de bacterias por factores externos como moscas, humo, polvo, entre otros.

Es importante hacer notar que la presencia de *Escherichia coli* es un indicador de contaminación fecal durante el proceso productivo de la carne de cerdo.

En la tabla 3, gráfica 2 y 3 se muestra que el porcentaje de mercados municipales y supermercados con presencia de *Escherichia coli* es similar (86.67% vs. 84.29%, respectivamente) lo que nos sugiere que en ambos lugares la manipulación de la carne por parte de los vendedores y/o matarifes en los rastros no es adecuada. Si el agua que se utiliza para limpieza y desinfección no es potable, se ve favorecido el crecimiento de bacterias tanto en la carne como en las superficies con que tenga contacto. Asimismo, los medios de transporte que se utilizan para llevar la carne de los rastros a los expendios son un importante foco de contaminación que vale la pena tomar en cuenta, ya que si éstos no cumplen con las normas higiénicas y sanitarias requeridas, de igual manera la carne se verá

afectada por el manejo incorrecto a que se someta durante el transporte. No hay que olvidar que la carne está expuesta durante todo el proceso a factores externos que también contribuyen a que los alimentos se contaminen.

En cuanto a la presencia de *Salmonella sp.*, se observó una mayor incidencia en los mercados municipales (tabla 4 , gráfica 4 y 5). Dicho hallazgo puede deberse a que los supermercados expenden carne de cerdos criados en granjas tecnificadas con normas de higiene, programas de prevención y control de enfermedades; control sanitario, alimentados con materias primas balanceadas que cumplen con los requerimientos diarios de cada animal. Por el contrario, varios mercados obtienen la carne de cerdos de traspatio sin control higiénico ni sanitario, alimentados con desperdicios. Todo esto contribuye a que los animales sufran una infección bacteriana que pasa desapercibida y que al correr por el torrente sanguíneo, contamina la carne. Además, son sacrificados y destazados en lugares y con equipo inapropiados.

VII. CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en la calidad microbiológica de la carne de cerdo expendida en mercados municipales con la de los supermercados de la ciudad capital de Guatemala, siendo los supermercados los que presentan menor cantidad de Unidades formadoras de colonia de *Escherichia coli* por gramo de carne de cerdo (UFC/gr.)
2. Existe alta presencia de *Escherichia coli* en carne de cerdo que se expende en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala.
3. El porcentaje de mercados municipales y supermercados que expenden carne de cerdo contaminada con *Escherichia coli* es similar (86% y 84%, respectivamente) en la ciudad capital de Guatemala.
4. El porcentaje de *Salmonella sp.* presente en carne de cerdo expendida en mercados municipales es mayor que en supermercados de la capital (30% y 3.33%, respectivamente).

VIII. RECOMENDACIONES

1. Brindar cursos de capacitación a las personas que expenden alimentos sobre la correcta manipulación de los mismos.
2. Las autoridades competentes en el área de inocuidad de los alimentos deben llevar un mejor control sobre la higiene de los establecimientos en donde se expenden alimentos y de las personas que los manipulan.
3. Realizar estudios para evaluar la presencia de otros microorganismos en carne de cerdo que perjudiquen la salud humana.
4. Implementar campañas públicas que enseñen la correcta manipulación y limpieza de los alimentos y la adecuada cocción de las carnes.
5. Evaluar el impacto que tienen los medios de transporte, agua, manipulación, factores externos, etc. en la calidad microbiológica de la carne de cerdo.
6. Brindar cursos de capacitación a los matarifes sobre la matanza higiénica y su significado para la calidad de la carne.

IX. RESUMEN

Se muestrearon los mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala para evaluar la calidad microbiológica de la carne de cerdo que se expende en estos lugares. El muestreo fue por conveniencia con asignación sistemática de los expendios en los mercados municipales y la totalidad de los supermercados que expenden carne de cerdo.

En el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala se realizaron los análisis microbiológicos para evidenciar la presencia de *Escherichia coli* y la cantidad de Unidades formadoras de colonia por gramo de carne (UFC/gr.), así como la presencia de *Salmonella sp.* Para el análisis de *Escherichia coli* se utilizó el medio de cultivo Chromo cult y para *Salmonella sp.* el medio Rambach y como medio de enriquecimiento el caldo de tetracionato.

Los resultados obtenidos en el laboratorio indicaron que la carne de cerdo expandida en los mercados municipales contiene una cantidad mucho más elevada de unidades formadoras de colonia de *Escherichia coli*/gramo que los supermercados (11.50×10^6 y 3.86×10^6 , respectivamente). El porcentaje de mercados y supermercados que expenden carne de cerdo contaminada con *Escherichia coli* fue muy parecido, obteniéndose 86.67% de mercados y 84.29% de supermercados.

En cuanto a la presencia de *Salmonella sp.*, los resultados de laboratorio mostraron que el 3.33% de los supermercados expenden carne de cerdo contaminada con esta bacteria, mientras que se obtuvo un 30% de positividad en los mercados municipales.

Con este estudio quedó demostrada la importancia de la higiene en los establecimientos que expendan alimentos, la manipulación adecuada por parte de los expendedores, el cumplimiento de las normas higiénico- sanitarias de los rastros y de las granjas que explotan animales para consumo humano.

X. BIBLIOGRAFIA

1. AGENJO CECILIA, C. 1980. Enciclopedia de la inspección veterinaria y análisis de alimentos. Madrid, Espesa-Calpe. 1313 p.
2. BREWER, S. 1998. *Escherichia coli*. Estados Unidos. The National Food Safety Database. 3 p. Tomado de internet:
<http://www.foodsafety.org>.
3. CAMERON, F. 1992. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. México, Limusa. 457 p.
4. COLIFORMS SHOW their true colours. s.f. Alemania, Merk. 6 p. (Cat. No. 1.10426).
5. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS (Guatemala). 1983. Carne y productos cárnicos: Análisis microbiológico. Detección de *Salmonella*. Guatemala, COGUANOR. 18 p. (NGO 34 125h12).
6. ----- . 1984. Carne y productos cárnicos: Análisis microbiológico. Detección y recuento de bacterias coliformes y *Escherichia coli*. Guatemala, COGUANOR. 10 p. (NGO 34 125h11).
7. DEHMER, N.A. 1995. La formación profesional de los carniceros y fabricantes de embutidos. Guatemala, Misión Técnica Alemana GTZ. 200 p.
8. GANTZ, H. 1998. Answering your questions on *E. coli*. Estados Unidos. The National Food Safety Database. 3 p. Tomado de internet:
<http://www.foodsafety.org>.
9. GRACEY, J. 1989. Higiene de la carne. Trad. por Bernabé Sanz Pérez. 8 ed. España, Interamericana. 522 p.
10. JAWETZ, E. et al. 1996. Microbiología médica. Trad. por Jorge A. Mérito Fane. 15 ed. México, Manual Moderno. 807 p.
11. LIBBY, J.A. 1986. Higiene de la carne. México, Continental. 659 p.
12. MURRAY, P. et al. 1995. Microbiología médica. España, Grafos. 725 p.
13. *SALMONELLA* ENRICHMENT isolation detection. s.f. Alemania, Merk. 2 p. (Cat. No. 1.07500).

14. *SALMONELLA*. 1998. Estados Unidos. The National Food Safety Database. 3 p.
Tomado de internet:
<http://www.foodsafety.org>.
15. TRUJILLO ORTEGA, E.; FLORES COVARRUBIAS, J. 1988. Producción porcina. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 351 p.
16. VALDEZ AMEY, E. 1987. Determinación de *Salmonella* en carne de cerdo fresca. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. (Cuba) 1(1): 111-118.
17. ----- . 1989. Microorganismos indicadores, su utilidad en el control sanitario de alimentos. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. (Cuba) 3(3):461-467.

ANEXOS

LISTA No. 1

LISTADO DE MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD
CAPITAL DE GUATEMALA QUE EXPENDEN
CARNE DE CERDO

La ciudad capital cuenta con 21 mercados municipales en donde se encuentran ubicadas diversas marranerías y varios supermercados con sus respectivas sucursales. Se muestrearon 5 supermercados y 21 mercados municipales de la capital. Se les asignó un número y a las sucursales o marranerías una letra del alfabeto, como sigue:

SUPERMERCADOS

1. *Supermercado No. 1.* 2 sucursales. Letras A - B.
2. *Supermercado No. 2.* 7 sucursales. Letras A - H.
3. *Supermercado No. 3.* 2 sucursales. Letras A - B.
4. *Supermercado No. 4.* 16 sucursales. Letras A - P.
5. *Supermercado No. 5.* 3 sucursales. Letras A - C.

MERCADOS MUNICIPALES

1. Mercado No. 1 (2 marranerías).
2. Mercado No. 2 (1 marranería).
3. Mercado No. 3 (1 marranería).
4. Mercado No. 4 (3 marranerías).
5. Mercado No. 5 (3 marranerías).
6. Mercado No. 6 (3 marranerías).
7. Mercado No. 7 (5 marranerías).

8. Mercado No. 8 (4 marranerías).
9. Mercado No. 9 (5 marranerías).
10. Mercado No. 10 (4 marranerías).
11. Mercado No. 11 (1 marranería).
12. Mercado No. 12 (5 marranerías).
13. Mercado No. 13 (3 marranerías).
14. Mercado No. 14 (3 marranerías).
15. Mercado No. 15 (3 marranerías).
16. Mercado No. 16 (2 marranerías).
17. Mercado No. 17 (2 marranerías).
18. Mercado No. 18 (3 marranerías).
19. Mercado No. 19 (1 marranería).
20. Mercado No. 20 (7 marranerías).
21. Mercado No. 21 (9 marranerías).

TABLA 1. PARAMETROS DE LA PRESENCIA DE *Escherichia coli* EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA. 2001

	MERCADOS	SUPERMERCADOS
Media	2315.40	1285.74
Varianza (conocida)	6237037.37	2283089.68
Observaciones	70.00	30.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
z	2.53	
P(Z<=z) una cola	0.01	
Valor crítico de z (una cola)	1.64	
Valor crítico de z (dos colas)	0.01	
Valor crítico de z (dos colas)	1.96	

TABLA 2. RECUENTO PROMEDIO DE *Escherichia coli* EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN LOS MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA (UFC/gr.). 2001

LUGAR DE EXPENDIO	UFC/gr.
Mercados	11.50×10^6
Supermercados	3.86×10^6

GRAFICA 1. RECUENTO PROMEDIO DE Escherichia coli EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA (UFC/gr). 2001

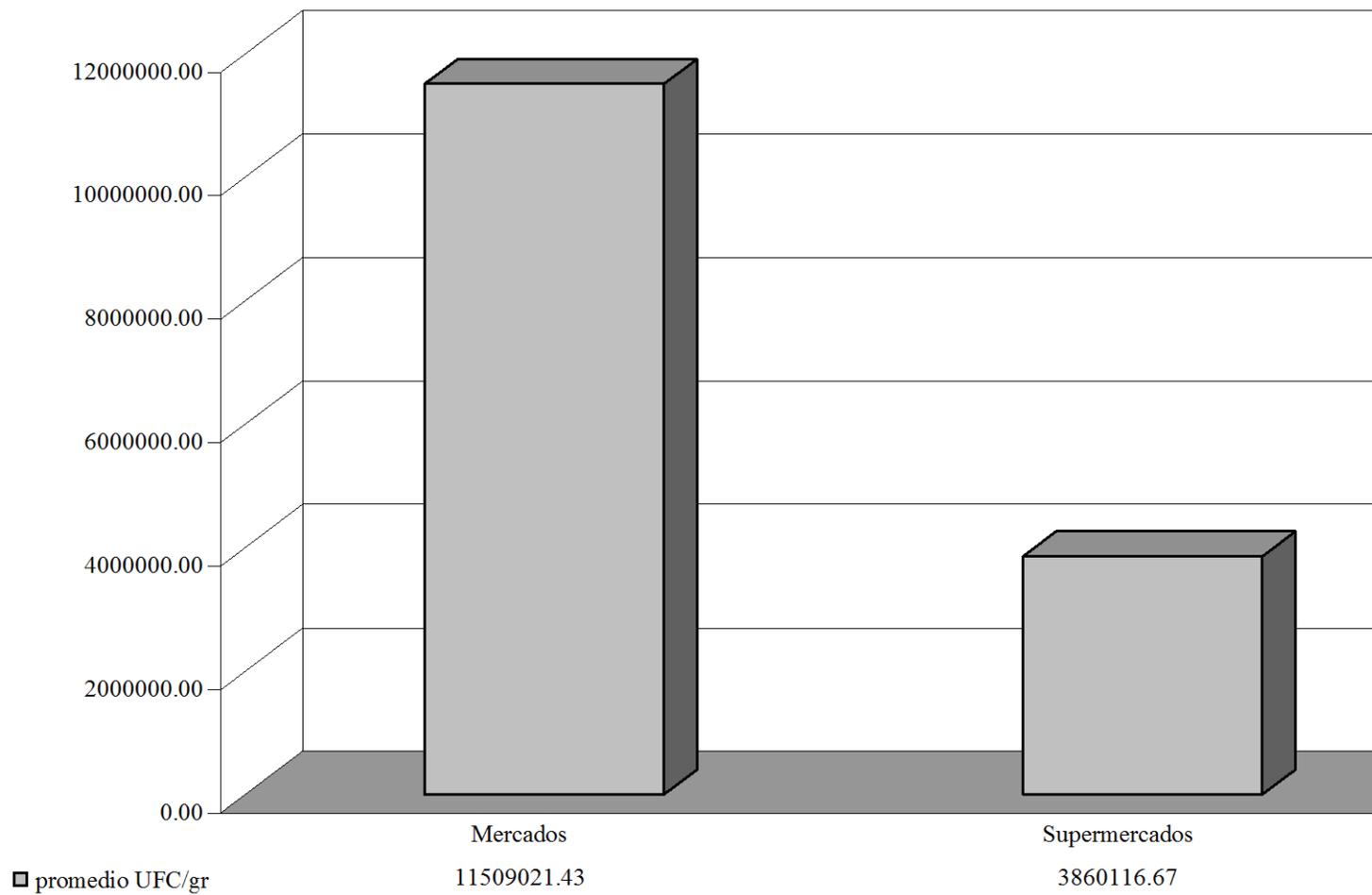
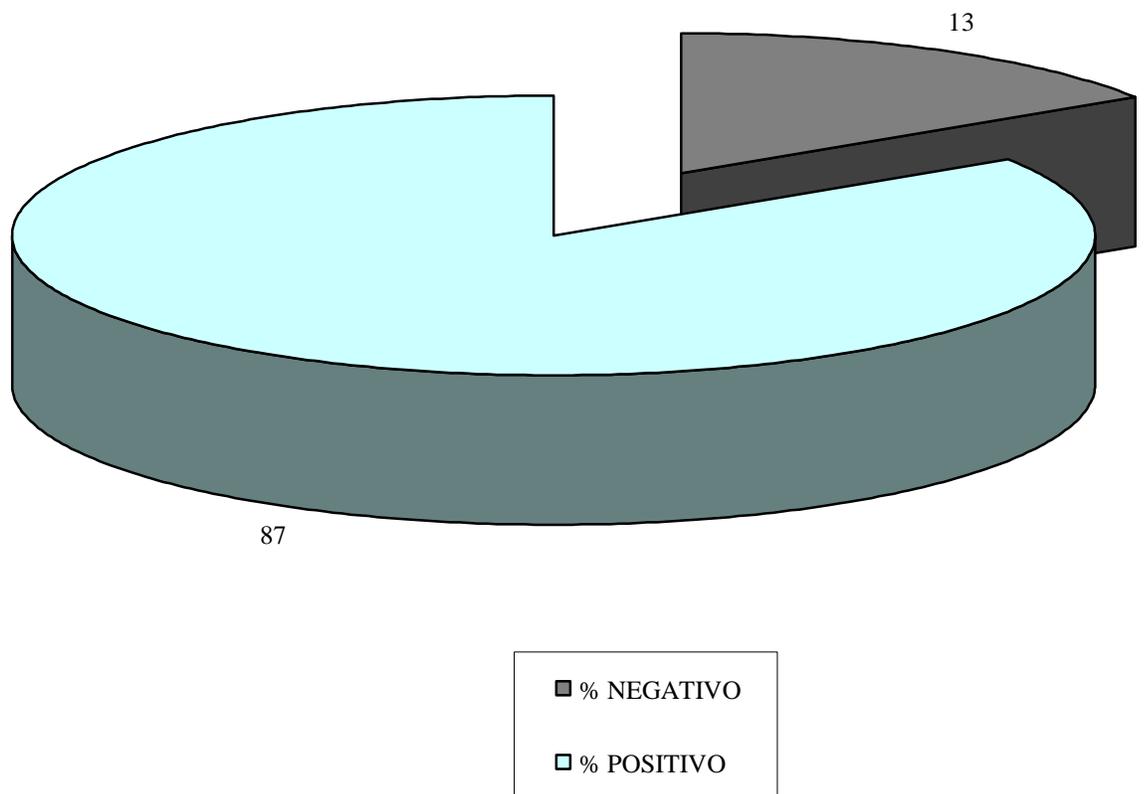


TABLA 3. PRESENCIA DE *Escherichia coli* EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA (%). 2001

LUGAR DE EXPENDIO	% POSITIVO	% NEGATIVO
Mercados	86.67	13.33
Supermercados	84.29	15.71

GRAFICA 2. PRESENCIA DE Escherichia coli EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN MERCADOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA (%). 2001



GRAFICA 3. PRESENCIA DE *Escherichia coli* EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA (%). 2001

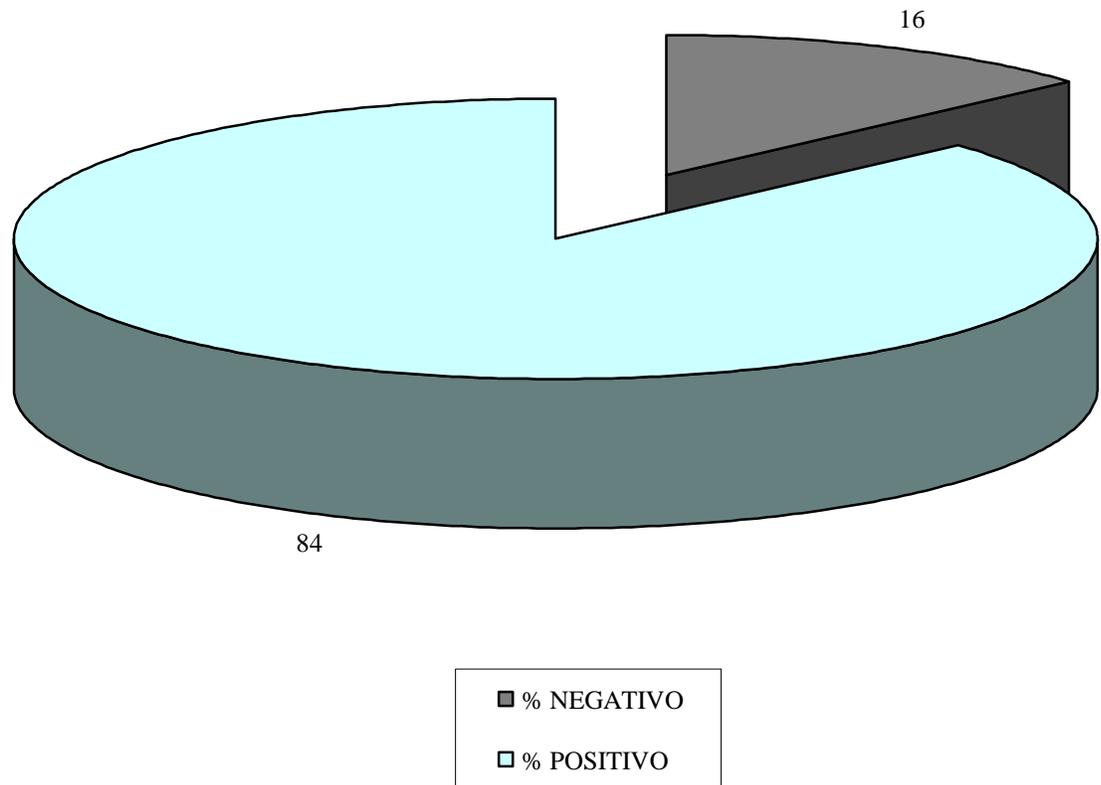
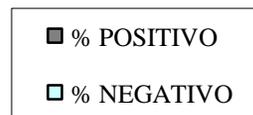
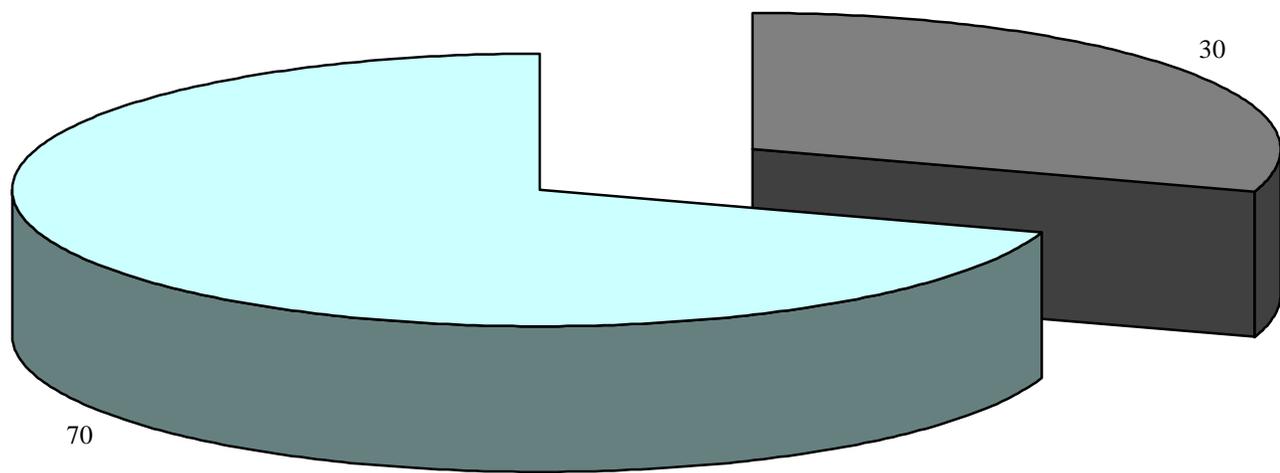


TABLA 4. PRESENCIA DE *Salmonella sp.* EN CARNE DE CERDO EXPENDIDA EN MERCADOS MUNICIPALES Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA (%). 2001

LUGAR DE EXPENDIO	% POSITIVO	% NEGATIVO
Mercados	30	70
Supermercados	3.33	96.67

GRAFICA 4. PRESENCIA DE Salmonella sp. EN CARNE DE CERDO
EXPENDIDA EN MERCADOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA(%). 2001



GRAFICA 5. PRESENCIA DE Salmonella sp. EN CARNE DE CERDO
EXPENDIDA EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD CAPITAL
DE GUATEMALA (%). 2001

