



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

IMPORTANCIA DE LA CADENA DE FRÍO DE PRODUCTOS CÁRNICOS
EN SUPERMERCADOS

TESIS

Que como requisito parcial

Para obtener el grado:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

P R E S E N T A

PEDRO ARRIAGA LORENZO

Bajo la supervisión de: **EMA DE JESÚS MALDONADO SIMÁN, DRA.**



Chapingo, Estado de México, marzo del 2020

IMPORTANCIA DE LA CADENA DE FRÍO DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN SUPERMERCADOS

Tesis realizada por **Pedro Arriaga Lorenzo** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTORA:

Dra. Ema de Jesús Maldonado Simán

CODIRECTORA:

Dra. Citlalli Celeste González Ariceaga

ASESOR

Dr. José Luis Zaragoza Ramírez

ASESOR:

M.C. Margarito Soriano Montero

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
APÉNDICE.....	vii
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DATOS BIBLIOGRÁFICOS	x
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Sistemas de gestión de la cadena de frío basados en el tiempo	3
2.1.1 Distribución orientada a la calidad.....	3
2.1.2 Sistema de gestión en los centros de distribución.....	4
2.2 Primer caducado, primero en salir (First Expired, First Out [FEFO])	4
2.2.1 Sistema de gestión FEFO a escala global	5
2.2.2 Gestión de la cadena de frío en centros de distribución minoristas	6
2.2.3 Mejoras en la cadena de frío en retroalimentación con la trazabilidad	7
2.2.4 Perfil de temperatura típico para alimentos perecederos en la cadena de frío	8
2.2.5 Almacenamiento en el centro de distribución	9
2.2.6 Prácticas de manejo.....	10
2.3 Vida de anaquel.....	11
2.3.1 Factores que la afectan.....	11
2.3.2 Tipos de deterioro	12
2.3.3 Medición de la vida de anaquel.....	12
2.3.4 Predicción de la vida de anaquel.....	14
2.3.5 El papel del empaque para prolongar la vida de anaquel	15
2.3.6 Tipos de empaques disponibles	15
2.3.7 Características de empaques para determinados productos alimenticios.....	17
2.4 Temperatura y bacterias patógenas asociadas a cárnicos	18
2.4.1 Importancia del deterioro de productos cárnicos.....	19

2.4.2	Microorganismos en la descomposición de la carne	20
2.4.3	Sustratos utilizados por microorganismos para la descomposición de la carne.....	21
2.4.4	Especies de bacterias patógenas asociadas al tipo de carne y sus temperaturas.	24
2.5	Literatura citada	28
3	IMPORTANCIA DE LA CADENA DE FRÍO DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN SUPERMERCADOS	41
3.1	Resumen	41
3.2	Abstract.....	42
3.3	Introducción	43
3.4	Materiales y métodos.....	44
3.5	Resultados y discusión	45
3.6	Conclusiones	59
3.7	Recomendaciones	60
3.8	Literatura citada	61

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Necesidades del producto (Coles, 2003).	18
Cuadro 2. Organismos típicos de descomposición de alimentos que dependen del perfil de preservación física/química (Gram et al., 2002).	22
Cuadro 3. Sustratos y metabolitos de deterioro en alimentos microbiológicamente dañados (Gram et al., 2002).	23
Cuadro 4. Criterios supervivencia y crecimiento de bacterias asociadas al deterioro de cárnicos. Fuente: (Davies & Board, 1998).	25
Cuadro 5. Registro anual de temperaturas de la carne de anaqueles exhibidas en los distintos supermercados.....	46
Cuadro 6. Medias de temperaturas de la carne exhibida en anaqueles por estación en la posición FRENTE en cada uno de los supermercados.....	46
Cuadro 7. Medias de temperaturas de la carne exhibida en anaqueles por estación en la posición MEDIO en cada uno de los supermercados.	47
Cuadro 8. Medias de temperaturas de la carne exhibida en anaqueles por estación en la posición POSTERIOR en cada uno de los supermercados.....	47
Cuadro 9. Niveles de higiene en diferentes áreas de los supermercados de Texcoco de Mora.	48
Cuadro 10. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 1.....	49
Cuadro 11. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 2.....	50
Cuadro 12. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 3.....	51
Cuadro 13. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 4.....	51
Cuadro 14. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 5.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de trazabilidad de los alimentos (Aung & Chang, 2014).	8
Figura 2. Perfil de temperatura típico para alimentos perecederos a lo largo de la cadena de frío (Mercier et al., 2017)	9
Figura 3. Refrigeradores de autoservicio con problemas de higiene por insectos y otros.	53
Figura 4. Anaqueles con falta de higiene por escurrimiento de sangre.	54
Figura 5. Productos cárnicos que no cumplen con la normatividad.	54
Figura 6. Productos cárnicos con falta de información al consumidor.	56
Figura 7. Productos cárnicos con presencia de pérdida por goteo.	58

APÉNDICE

Apéndice 1. Agentes comunes causantes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA's). Fuente: Linscott, 2011.	36
--	----

DEDICATORIA

A mis padres Pedro y Juliana, por darlo todo para ayudarme a cumplir mis metas, y apoyarme en todo lo posible.

A mis hermanos, Noé, Rocío, Israel y Abraham, por el distinto apoyo que he recibido de ustedes.

Infinitas Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi alma mater, y al Posgrado en Producción Animal, por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento otorgado a lo largo de estos dos años.

A la Dra. Ema Maldonado Simán, por su apoyo en mi investigación, por su paciencia en la redacción de la tesis, por compartirme sus conocimientos, por impulsarme a ir cada vez más adelante.

A la Dra. Citlalli González, el Dr. José Luis Zaragoza, y el M.C. Margarito Soriano por la supervisión y apoyo en la realización de este trabajo.

A la Dra. Isabel Seiquer, por recibirme en el CSIC de Granada, España para mi estancia.

A la M.C. Zaira Pardo, por la paciencia y ayuda otorgada durante mi estancia en el CSIC.

A mi familia que he encontrado en Chapingo: Stephany, Candelario, Luis, Kenya y Nadia, por su apoyo durante estos años.

En especial a Stephany y Berenice, por su apoyo en la elaboración del trabajo de campo, con su ayuda esto pudo ser posible.

¡Muchas Gracias!

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

DATOS PERSONALES

Nombre: Pedro Arriaga Lorenzo
Fecha de nacimiento: 04 de noviembre de 1994
Lugar de nacimiento: San Felipe del Progreso, Estado de México
CURP: AILP941104HMCRRD08
Profesión: Ing. Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola



DESARROLLO ACADÉMICO

Preparatoria: Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 71
Carretera Oaxtepec-Xochimilco Km. 13.5, El
Pedregal, 62530 Tlalnepantla, Mor., México
Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo
Maestría: Universidad Autónoma Chapingo, PPA
Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5,
Universidad Autónoma Chapingo, 56230
Texcoco, Méx., México

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La refrigeración, inocuidad alimentaria y el desperdicio de alimentos, son términos que pueden considerarse ligados a la producción de alimentos desde la etapa de producción primaria hasta el consumo. Dentro del grupo de alimentos perecederos se incluyen las frutas, vegetales, productos lácteos y cárnicos, éstos deben mantenerse en refrigeración o congelados a lo largo de la cadena de suministro. Al presentarse alguna falla en el manejo de temperatura de los alimentos perecederos, bajo el rango deseado, existe la posibilidad de propiciar el crecimiento de patógenos y microorganismos que influyen en la descomposición de los alimentos. Por ende, éstos adquieren un estatus de no propicios para su consumo (Mercier, Villeneuve, Mondor, & Uysal, 2017).

Actualmente el concepto de inocuidad alimentaria está adquiriendo gran importancia debido a la globalización y al libre comercio de alimentos. El término “comercio de alimentos” incluye todos los procedimientos que se realizan en la pos-producción, desde el almacenamiento, procesamiento, transporte y distribución al mayoreo y menudeo. Otra serie de operaciones incluidas dentro de estos procedimientos son la exportación e importación (Likar & Jevšnik, 2006).

Uno de los factores que tiene impacto directo en la calidad e inocuidad de los productos alimenticios es la cadena de frío, al enfocarse en esta operación en los sitios de venta minoristas, la cadena de frío representa el mayor problema para el mantenimiento inocuo de los alimentos, debido a que los alimentos altamente perecederos requieren mantenerse a una temperatura por debajo de los 5 °C. En este caso se pueden mencionar a los cárnicos frescos, los cuales tienen una vida de anaquel corta y tiempos de distribución largos. (Likar & Jevšnik, 2006).

Al existir una gestión inadecuada de la cadena de frío durante el transporte y almacenaje de los alimentos, además de reducir la vida de anaquel, propicia el aumento de la tasa de crecimiento y supervivencia de patógenos, junto con la posibilidad de incremento en la producción de toxinas. Los productos cárnicos deben ser procesados, almacenados y transportados en condiciones específicas

de temperatura. Se reporta que cada grado por arriba del rango de temperatura establecido, reduce su vida de anaquel, por consiguiente, se presentan pérdidas económicas importantes para las empresas productoras de alimentos (Raab, Petersen, & Kreyenschmidt, 2011). Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo determinar la gestión de la cadena de frío y nivel de higiene en establecimientos de venta al menudeo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistemas de gestión de la cadena de frío basados en el tiempo

El papel que juega la cadena de frío en la inocuidad tiene alta importancia, por tal motivo se requiere identificar sus puntos débiles, tanto para distintos tipos de refrigerado y congelado, como de diferentes tipos de alimentos perecederos. Esto puede lograrse mediante una colección sistemática de datos; es decir, desarrollar una base de datos de cadena de frío (Cold Chain Database [CCD]). El análisis de los valores de temperatura tomando como punto de referencia la temperatura base para identificar desviaciones que pongan en riesgo la inocuidad de productos cárnicos usando el software denominado FRISBEE (Gogou, Katsaros, Derens, Alvarez, & Taoukis, 2015). Este software ayuda a evaluar la cadena de frío, con base en la calidad de los productos, la energía utilizada y el impacto ambiental por emisiones de CO₂ de las tecnologías involucradas en la cadena de frío (Gwanpua et al., 2015). De esta manera, con los datos aportados, es posible realizar una simulación de escenarios que ayudan a realizar acciones correctivas para optimizar la vida de anaquel (Gogou et al., 2015).

2.1.1 Distribución orientada a la calidad

La distribución de los productos es un proceso crítico que puede afectar la calidad de aquellos altamente perecederos, debido a que las condiciones ambientales influyen fuertemente, en especial si no se tiene cuidado al realizar este proceso desde la producción hasta el consumidor (Joshi et al., 2018). Los requerimientos en los procesos de distribución, implementados en la red de cadena de frío se han incrementado, con el fin de asegurar productos de calidad y minimizar la tasa de deterioro de alimentos durante el transporte. Por lo tanto, se requiere de innovaciones que conduzcan a satisfacer las demandas de los consumidores. Una posibilidad es el desarrollo de “contenedores inteligentes”, que en esencia son contenedores refrigerados, los cuales cuentan con unidades de control adicionales que les dan el nombre de “inteligencia”. Estos equipos facilitan el manejo durante el transporte debido a que son sensibles a la temperatura. Se

pueden utilizar en buques de carga, y en camiones. Esta herramienta se suma a las utilizadas actualmente, como son los monitoreos fuera de la línea de transporte, ya que el contenedor inteligente trabaja reaccionando a cambios de temperatura en tiempo real (Lütjen, Dittmer, & Veigt, 2013; Tsang et al., 2018).

2.1.2 Sistema de gestión en los centros de distribución

Posterior a la cosecha de los productos o bien al sacrificio de los animales, éstos son movilizados a distintos centros de distribución en donde son almacenados por varios días. Como resultado se infiere que los centros de distribución representan un eslabón de gran importancia en el sistema de manejo de la cadena de frío (Mercier et al., 2017). Por otro lado, Derens, Palagos, y Guilpart (2006) reportan que es esencial considerar las condiciones ambientales del país, así como los equipos de refrigeración utilizado, contemplando la gran variabilidad que existe en la actualidad. Así mismo, mencionan que el 0.5% de las medidas aplicadas en la refrigeración de los productos cárnicos en Francia, rebasaron los 6.0 °C en los almacenes de los centros de distribución. Sumado al total de los abusos de temperatura en tiendas minoristas, siendo éstos del 14.2%, se debe tomar en cuenta los datos registrados en los refrigeradores de hogares, los cuales tienen problemas en un 67.7%.

2.2 Primer caducado, primero en salir (First Expired, First Out [FEFO])

Los centros de distribución de alimentos en su mayoría manejan el sistema de gestión denominado “Primero en entrar primero en Salir” (First In, First Out [FIFO]), el cual moviliza los alimentos con base a la fecha de ingreso al almacenaje. Esta manera estipula que el primero que llega es el primero que sale. Sin embargo, a pesar del tiempo de almacenaje no es significativo para reducir la vida de anaquel, existen factores más importantes que pueden afectarla. Un alimento que es recién almacenado puede tener una menor reducción a la vida de anaquel, que aquel que ha sido almacenado por un periodo más prolongado.

Las razones asociadas a esta circunstancia puede deberse a que el producto recién llegado, haya tenido una menor calidad de post-producción, que su origen sea de un lugar distante, que presente retrasos previos al preenfriamiento o si estuvo en temperaturas fuera de rango durante el transporte (Mercier et al., 2017).

Por otro lado, se aplica el sistema Primero en caducar, primero en salir (First Expired, First Out [FEFO]), el cual se maneja por mediciones de temperatura para estimar la vida de anaquel usando modelos de calidad e inocuidad (Labuza & Taoukis, 1990). Los modelos deben ser específicos para describir calidad o vida de anaquel restante en función de la temperatura y en conjunto con las condiciones ambientales. Éstos se han desarrollado para distintos productos perecederos, entre ellos los cárnicos (Bruckner, Albrecht, Petersen, & Kreyenschmidt, 2013) Este sistema ha demostrado ser eficiente cuando se maneja adecuadamente. Según lo reportan do Nascimento Nunes, Nicometo, Emond, Melis, y Uysal (2014), se podría reducir de un 57% hasta el 1% implementando este sistema, estimando el porcentaje de alimentos en riesgo de tener una vida de anaquel insuficiente.

2.2.1 Sistema de gestión FEFO a escala global

En la movilización de alimentos se toma en cuenta que cuando se presentan abusos en el rango de temperatura en el centro de distribución inicial, o si existen diferencias en su estado inicial, el nuevo centro de distribución toma acciones independientemente de las que se tomaron en el centro de distribución anterior. Principalmente se enfocan en poder igualar la vida de anaquel restante con los destinos disponibles (Hertog, Uysal, McCarthy, Verlinden, & Nicolai, 2014). Por otro lado, las decisiones que se toman para el manejo del inventario en un sistema de gestión FEFO que está en un proyecto de envasado inteligente, deben ser descentralizadas del centro de distribución y tomando en cuenta el estado de las cargas disponibles en el que el tránsito fue estudiado. Para esto se desarrollaron empaquetadores equipados con sensores para poder detectar, cuando la temperatura ambiental pudiera afectar la calidad de los alimentos y

unidades para estimar la vida de anaquel restante (Dittmer, Veigt, Scholz-Reiter, Heidmann, & Paul, 2012).

Para maximizar la cantidad de productos que lleguen a su destino con una calidad aceptable, debe haber una comunicación entre los puntos de interés para saber si los destinos pueden ser intercambiados. Estudios llevados a cabo en la cadena de frío del plátano enviados desde Costa Rica a diferentes lugares de Europa, demostraron que al usar el sistema FEFO a escala global, puede llevar a una reducción de hasta el 22% en el desperdicio de alimentos, y al no tener que ser reemplazadas se reducen las emisiones de CO₂ (Mercier et al., 2017).

2.2.2 Gestión de la cadena de frío en centros de distribución minoristas

Labuza y Taoukis (1990) mencionan que, para asegurar un mejor control de la cadena de frío, es necesario que los minoristas tengan conocimiento de la importancia del manejo de temperatura en los alimentos. Estos autores también señalan que la perspectiva importante es la implementación del sistema Evaluación Dinámica de la Vida de Anaquel (Dynamic Shelf-Life Assessment [DSLAs]), el cual considera la temperatura en la que han estado almacenados los alimentos, y así ajustar la fecha de caducidad. Tromp, Rijgersberg, Pereira da Silva, y Bartels (2012) reportan una posible reducción en el desperdicio de cárnicos de hasta un 80%, implementando DSLA con base en la fecha de empaquetado. Así como el control de la temperatura lleva a una reducción de desperdicios, es posible identificar si se tuvieron abusos en los rangos de temperatura de los alimentos, afectando su calidad (Mercier et al., 2017).

En la búsqueda de mejorar los resultados en las ventas minoristas, se han implementado las herramientas necesarias para lograr este objetivo, se opera el sistema dinámico de precios fijo. Dicho sistema está basado en el tiempo durante el cual debe ser consumido un alimento. Esto implica que un producto de mayor vida de anaquel tiene un valor mayor comparado con aquel que debe consumirse rápidamente. De esta forma es posible reducir el desperdicio de alimentos, teniendo en cuenta la cuestión económica que impulsa a comprar productos

alimenticios con menor vida de anaquel, considerando que éstos son más propensos a desperdiciarse, si existe la disponibilidad de alimentos con mayor vida de anaquel (Afshar-Nadjafi, 2016).

2.2.3 Mejoras en la cadena de frío en retroalimentación con la trazabilidad

La trazabilidad es una herramienta adicional que se utiliza en la cadena de suministro de alimentos, y mejora la seguridad de los alimentos para poder ser rastreados y localizados. Esto es posible con la ayuda de los registros que deben llevarse en toda la cadena de suministro, que permiten localizar cualquier sitio donde se movilizó determinado producto (Bechini, Cimino, Marcelloni, & Tomasi, 2008). Según la ISO 9000 (2005), la trazabilidad se refiere a la capacidad de seguimiento histórico incluyendo aplicaciones y localizaciones incluidas. Bajo su ámbito define la trazabilidad como “la capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que está bajo consideración”. Se puede considerar a la trazabilidad como otro integrante de un sistema de manejo, para poder obtener información específica de un producto en cualquier eslabón de la cadena de suministro, esto con el fin de cumplir con los requerimientos de inocuidad y calidad que se demandan en la actualidad (Bosona & Gebresenbet, 2013). Para llevar a cabo una correcta trazabilidad, se requiere un sistema en el que cada integrante desempeñe su papel con eficiencia, utilizando todas las herramientas disponibles, y de esa manera cumplir con las normas de inocuidad requeridas (Figura 1). Consecuentemente de esta manera, no se debe descuidar ningún paso de la cadena para evitar cualquier tipo de riesgo que pueda afectar los alimentos que llegan al consumidor final (Aung & Chang, 2014).

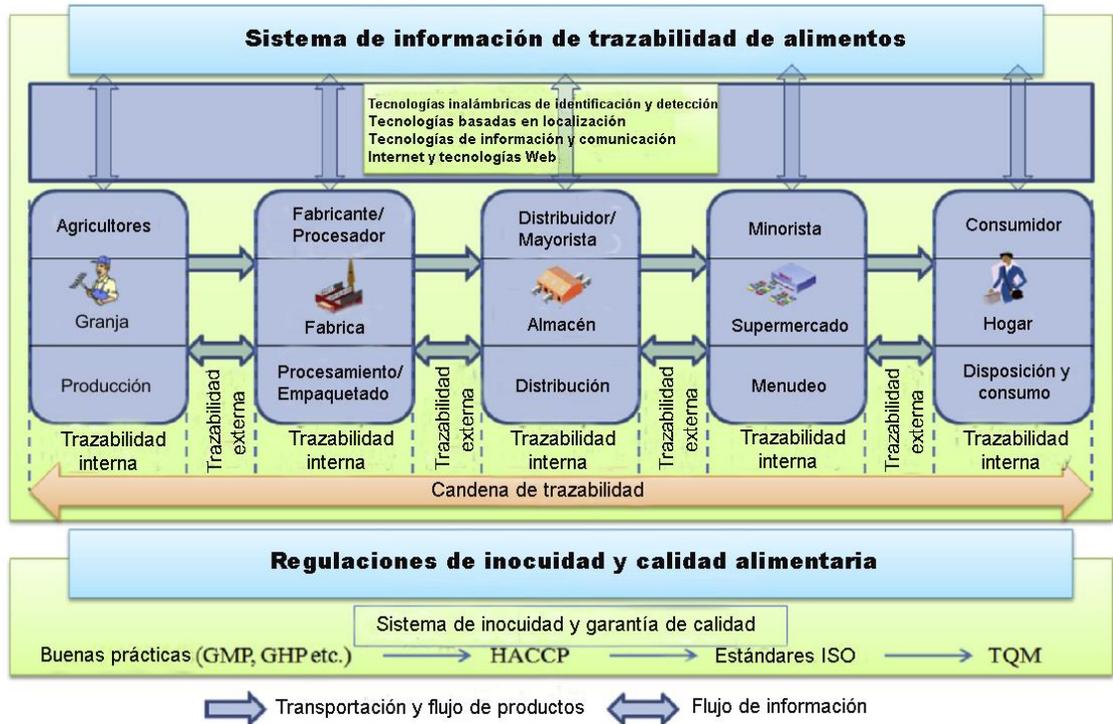


Figura 1. Sistema de trazabilidad de los alimentos (Aung & Chang, 2014).

2.2.4 Perfil de temperatura típico para alimentos perecederos en la cadena de frío

Al considerar la importancia que tiene el controlar la temperatura en la que se manejan los productos alimenticios, se tiene un marco normativo altamente regulado en la gestión de la cadena de frío en países desarrollados. Adicionalmente, se aplican otras medidas que conducen a garantizar la inocuidad alimentaria, como es el Sistema HACCP (Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos [Hazard Analysis and Critical Control Points]), enfocándose de igual manera a las medidas de higiene aplicadas en la industria alimentaria (Jol, Kassianenko, Wszol, & Oggel, 2007).

Mantener el control en la cadena de frío resulta un trabajo indispensable, debido a que se considera que los puntos débiles donde se pueden presentar abusos en los rangos de temperatura requeridos por los alimentos perecederos son en el transporte, especialmente en la descarga de productos, en exhibidores de autoservicio y en refrigeradores del hogar (Figura 2). Estos son los cuatro puntos donde se puede observar los riesgos potenciales para reducir la calidad de los productos y por ende, arriesgar la inocuidad de los alimentos que conducen a posibles riesgos potenciales (Mercier et al., 2017).

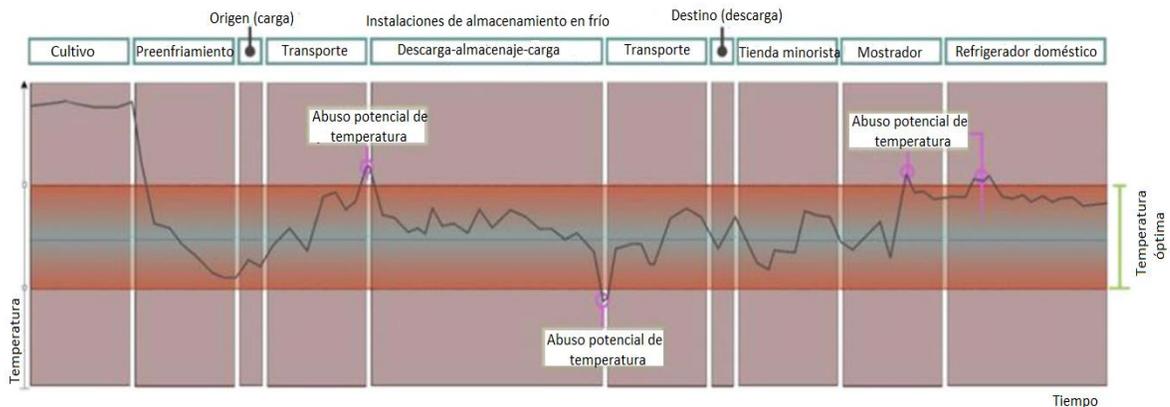


Figura 2. Perfil de temperatura típico para alimentos perecederos a lo largo de la cadena de frío (Mercier et al., 2017)

2.2.5 Almacenamiento en el centro de distribución

Mantener un producto dentro de los requerimientos de calidad representa una condición con un alto nivel de dificultad, debido a que se requiere de implementar y operar los manejos inmediatamente después de la cosecha, procesamiento, transporte; en puntos de venta y en los hogares de cada uno de los consumidores. Si se toma en cuenta que los productos alimenticios son enviados a diferentes lugares para su almacenamiento, como son los centros de venta minoristas, los cuales son seleccionados con base a las demandas de productos (Derens-Bertheau, Osswald, Laguerre, & Alvarez, 2015). El almacenamiento en los centros de distribución se puede considerar como el eslabón de mayor importancia en la cadena de frío, considerando que es el punto en el que se logran las temperaturas adecuadas.

2.2.6 Prácticas de manejo

Para garantizar productos con alta calidad, se requieren diferentes procesos y manejos que deberían ser adoptados por minoristas, como es el caso de la aplicación de sistemas de monitorización de las temperaturas. Éstos tienen una relevancia antes del preenfriamiento, ya que se tiene como resultado la eficiencia en el uso de los recursos que se tienen disponibles en las instalaciones con el fin de mantener la calidad en los productos alimenticios. Como consecuencia, es importante controlar adecuadamente el preenfriamiento. Sin embargo, es común que las instalaciones no cuenten con todos los recursos necesarios para funcionar correctamente. Por ejemplo, en los días de cosecha cuando el tiempo de enfriamiento de los palés es disminuido, con frecuencia se presenta esta circunstancia, afectando la calidad de los productos (Mercier et al., 2017).

En el contexto del transporte existen diferentes escenarios de trascendencia para distintos eslabones de la cadena de alimentos, como el productor o emparador, las empresas encargadas del transporte de productos y finalmente el minorista que recibe los productos, y que establece sus propios lineamientos de calidad. Los productores deben garantizar la calidad de los productos que ofrecen, mediante los registros de los procesos de preenfriamiento, con el objetivo de asegurar su aceptación en los distintos centros de distribución. Las empresas de transporte aseguran la calidad hasta su entrega, colocando sistemas de supervisión de la temperatura en todo momento dentro de los contenedores. Para ello, son necesarios los registros para limitar las responsabilidades, como consecuencia de cualquier incidente provocado por abusos de temperatura. El minorista tiene acceso a los registros de temperatura, para aceptar o rechazar los productos, en el caso de que los datos de temperaturas, satisfagan o no sus lineamientos de calidad en el centro de distribución (Mercier et al., 2017).

2.3 Vida de anaquel

Respecto a la vida de anaquel de los productos alimenticios, depende de distintos factores. Dentro de este grupo se encuentra la estructura de los alimentos, el procesamiento al que hayan estado sometidos, tipo de empaque, y en gran medida a factores ambientales como la temperatura. Consecuentemente se puede definir a la vida de anaquel de un producto alimenticio como el periodo durante el cual, el producto permanece inocuo, conserva sus cualidades físicas, químicas, y microbiológicas para el cumplimiento de las especificaciones de etiqueta (Bili & Taoukis, 1998; Kilcast & Subramaniam, 2016). Las fechas que se colocan en los productos para su consumo, están inscritas de acuerdo a la vida total del producto, cuando se trata de productos alimenticios que son altamente perecederos, es requisito esencial ser muy específico, utilizando el rótulo “consumir antes de” y posteriormente la fecha indicada (Kilcast & Subramaniam, 2016).

2.3.1 Factores que la afectan

Existen diferentes factores que influyen en la vida de anaquel de los productos alimenticios, éstos se pueden englobar como intrínsecos y extrínsecos. En el caso de los factores intrínsecos, se enfocan principalmente en las propiedades del producto final, como es la disponibilidad de agua, los pH de los productos, oxígeno disponible, nutrientes, microflora natural, etc. Por otro lado, los factores extrínsecos representan un factor de gran importancia, ya que son los que tienen presencia e impacto a lo largo del manejo de la cadena de suministro de alimentos. Dentro de este grupo se incluye, la calidad e inocuidad de los productos; la temperatura como factor principal, la humedad relativa, y exposición a la luz ultravioleta e infrarroja durante su procesamiento, almacenaje, y distribución, así como el tipo de empaquetado y manejo del consumidor (Hertog et al., 2014; Kilcast & Subramaniam, 2016).

2.3.2 Tipos de deterioro

Los productos alimenticios inminentemente, están expuestos a cambios físicos y químicos, a los cambios del propio metabolismo del producto. Este conjunto de factores conlleva, por lo general a que la calidad se reduzca con el tiempo (Hertog et al., 2014). Sin embargo, la inocuidad y calidad son parámetros muy variables. Por ello, cuando los alimentos pasan por abusos de temperatura en cualquier punto de la cadena de frío, están expuestos directamente a un posible deterioro, que se puede presentar de distintas formas. Además, esta pérdida de calidad se exhibe, juntamente con el deterioro de los alimentos, la cual está fuertemente ligada al tipo de alimento en cuestión. En la carne fresca de res y puerco, suele presentarse una oxidación, en conjunto con crecimientos de distintas especies de patógenos, afectando inmediatamente el color, sabor, y olor. Por otro lado, la carne de pollo principalmente se enfrenta a deterioros por distintos patógenos, afectando de inmediato el olor del producto (Kilcast & Subramaniam, 2016).

2.3.3 Medición de la vida de anaquel

Con el fin de obtener una acertada medición de la vida de anaquel, se cuenta con distintas opciones y metodologías, dentro de los cuales se encuentran (Kilcast & Subramaniam, 2016):

- **Paneles sensoriales:** Principalmente se enfoca en las medidas cuantitativas respecto a la calidad, mediante paneles especializados. Las técnicas sensoriales son muy efectivas. Sin embargo, tratándose de la vida de anaquel, requiere numerosas mediciones, lo cual resulta tardado y muy caro.
- **Métodos instrumentales:** Este tipo de métodos pueden ser de relevancia, debido a que la utilización de métodos instrumentales tiene la facilidad de incrementar los datos sensoriales. Con el fin de acrecentar la eficiencia de los métodos instrumentales, se realizan trabajos en conjunto con métodos sensoriales, como lo son las detecciones de malos sabores en los productos alimenticios. Para la

realización se debe ejecutar por etapas, primeramente, se inicia por evaluaciones sensoriales, seguida de la extracción de sabores por medio de extracción por solvente de destilación y finalmente cromatografía de gases. En busca de mejorar la vida de anaquel de los alimentos, se han detectado variables como son las mediciones en línea o línea rápida, lo que ha propiciado identificar como factor intrínseco, la importancia que tiene el agua contenida en los productos. Además, se tiene contemplado que al ser ésta alterada se pueden presentar problemas con la reproducción, actividad metabólica y resistencia de microorganismos presentes en los alimentos.

- **Mediciones físicas:** Se refiere a la mayoría de los casos que se enfocan en pruebas de textura, que a su vez pueden ser ocasionadas por las propias reacciones que se producen en los productos. Por otro lado, los cambios de texturas pueden ser medidos mediante paneles sensoriales y métodos instrumentales, capaces de detectar características como la dureza y frescura, que, a su vez, son relevantes en la medición de la vida de anaquel. No obstante, se debe tener especial cuidado en la selección de los métodos, así como la manera de emplearlos para evitar mediciones erróneas.
- **Mediciones químicas:** El análisis químico se considera uno de los métodos de mayor importancia en la vida de anaquel. Se pueden utilizar para detectar el punto de término de las reacciones químicas en los alimentos durante su almacenaje o bien para corroborar los resultados obtenidos en los métodos de paneles sensoriales. Sin embargo, las pruebas suelen ser utilizadas para determinar cambios específicos y para diferentes tipos de productos, como las cantidades de peróxidos o los ácidos grasos libres para determinar la rancidez de los alimentos.
- **Mediciones microbiológicas:** Existen dos puntos principales a considerar para evaluar la estabilidad de un alimento. El primero de

ellos se refiere al crecimiento microbiológico, causado principalmente por alteraciones de temperatura, que trae como consecuencia el deterioro de los productos; en conjunto está el crecimiento microbiológico de patógenos, los cuales afectan directamente a la inocuidad del producto. Para poder predecir los posibles crecimientos microbiológicos, se utilizan factores como el agua contenida en los productos, la temperatura de almacenaje y el pH. El segundo se centra en pruebas conjuntas que se realizan especialmente a las temperaturas en las que se almacenan los productos para observar el crecimiento microbiológico, así como modelos matemáticos, que ayudan a conocer o poder predecir el rango de crecimiento de los patógenos en productos específicos.

2.3.4 Predicción de la vida de anaquel

La industria de alimentos, cada vez se enfrenta a mayores retos para cumplir las demandas de los clientes y legislaciones en cuestión de calidad de alimentos. Para poder cumplir con estas demandas, se requieren pruebas de calidad para asegurar la conservación de un alimento inocuo hasta su entrega al consumidor, así como conocer con exactitud su vida de anaquel. La confirmación de la calidad es posible, al realizar pruebas aceleradas, mediante el cambio de las condiciones de almacenaje, lo cual se ve reflejado en la aceleración de los procesos físicos y químicos causantes del deterioro. Con estas acciones es viable obtener una predicción definida de la vida de anaquel en función de las condiciones ambientales (Kilcast & Subramaniam, 2016). Algunas de las dificultades que se presentan en las pruebas microbiológicas para la predicción de la vida de anaquel, como se realiza comúnmente, es el tiempo prolongado para obtener resultados y los costos asociados. Como alternativa, se han desarrollado modelos matemáticos, que consideran el deterioro en relación con los organismos de descomposición específicos. Es igualmente importante un manejo detallado de las poblaciones en el manejo del análisis de crecimiento de las poblaciones, en especial cuando se utilizan datos reales de las temperaturas

dinámicas en las que suelen estar los alimentos. En comparación con los modelos, éstos son resultado de estudios realizados en ambientes controlados (Gram et al., 2002; Whiting, 1995).

2.3.5 El papel del empaque para prolongar la vida de anaquel

El objetivo principal al implementar medidas necesarias para mejorar la calidad de los alimentos es reducir el desperdicio de alimentos, así como las enfermedades que transmiten. El envasado de alimentos se usa como método de conservación, de preferencia se utilizan materiales de empaquetado antimicrobianos, con el fin de prevenir el deterioro de los productos y crecimiento de patógenos. El método y tipo de empaquetado, juegan un papel muy importante en conjunto con bajas temperaturas para mejorar la calidad de productos altamente precederos.(Kilinç, Altaş, Sürengil, & Özdil, 2017; Singh, Lee, Park, Shin, & Lee, 2016). Para disminuir las pérdidas por deterioro de alimentos es posible utilizar empaques de propileno expandido con recubrimiento de grafito expandido impregnado al vacío, para mejorar la conductividad térmica. Con este proceso se logra asegurar el almacenamiento de temperatura en materiales que la regulan con base orgánica, pudiendo así, evitar variaciones y mantener la frescura de los productos en cada eslabón de la cadena de suministro (Singh, Gaikwad, Lee, & Lee, 2018).

2.3.6 Tipos de empaques disponibles

Para preservar la vida de anaquel, calidad e inocuidad de los alimentos, principalmente por factores físicos, químicos y biológicos, se utilizan empaques de diferentes tipos en los que su diseño y construcción toman un papel muy importante. Estos tipos de empaque ayudan a mantener la higiene de producción del producto terminado, en conjunto con el manejo y almacenamiento. Dentro de los materiales que se utilizan comúnmente se encuentra el metal, vidrio, papel, cartón, y plástico (Dallyn & Shorten, 1988; Marsh & Bugusu, 2007).

- I. **Contenedores de metal:** El empleo de contenedores de metal utiliza procesos térmicos en los que se obtienen superficies estériles, aun cuando la superficie entre en contacto con microorganismos que pudieran estar presentes en los productos durante el proceso de producción. No obstante, el transporte de latas sin protección tiende a ocasionar contaminación en las latas más expuestas al exterior. Por ende, para disminuir las contaminaciones es esencial lavar las latas antes de su llenado, así como el uso de aire caliente. En su mayoría se utiliza el aluminio para fabricar latas, papel laminado o en conjunto con plástico, ayudando a proteger los alimentos contra microorganismos, efectos ambientales y químicos. Este material tiene como desventaja el alto costo que representa su uso (Dallyn & Shorten, 1988; Marsh & Bugusu, 2007).
- II. **Papel y cartón:** Son materiales principalmente con recubrimientos para elaborar cajas con leche, debido a la calidad microbiológica, la cual utiliza un tipo de materia prima para tener el control de inocuidad durante la fabricación. Este tipo de empaque incorpora esencialmente agentes microbiológicos enfocándose en la humedad relativa, transporte y almacenamiento. Sin embargo, el papel por sí solo se utiliza únicamente para proteger alimentos por poco tiempo, ya que no cuenta con las características necesarias para proteger un alimento por tiempos prolongados. Para ser utilizado, requiere ser cubierto, laminado o impregnado con materiales como ceras, resinas o lacas (Dallyn & Shorten, 1988; Marsh & Bugusu, 2007).
- III. **Empaques de plástico:** Los productos empaquetados en plástico, hechos de polímeros tienen mayores posibilidades de mantenerse estériles, debido al proceso de fabricación durante los cuales se requieren altas temperaturas. Este proceso elimina gran cantidad de microorganismos, lo que reduce las posibilidades de contaminación. Las fuentes de contaminación principalmente suelen presentarse por una limpieza inadecuada de los contenedores, los que pueden ser movidos con aire comprimido. Luego entonces, la humedad contenida en el aire puede

condensarse en las válvulas, lo que ocasiona la acumulación de agua, presentándose hasta 3×10^6 /ml, y de esta forma se produce la contaminación de los empaques. Sin embargo, la principal desventaja del plástico, es una variable permeabilidad en cuanto a gases y vapores perjudiciales para los productos (Dallyn & Shorten, 1988; Marsh & Bugusu, 2007).

- IV. **Empaque en vidrio:** Los productos que son envasados en vidrio tienen mayor posibilidad de mantenerse inocuos, debido a la forma de fabricación del contenedor. Utilizan altas temperaturas para lograr la esterilidad, por lo tanto, la atmosfera que las rodea, es desfavorable para el desarrollo de organismos. De esta manera, los contenedores tienen el cuidado requerido y permanecen estériles o con una cantidad muy baja de microorganismos hasta su llenado. Sin embargo, el enfoque radica en los métodos de sellado, donde el tipo de tapa se considera con base al tipo de alimento. Sumado a esto, son contenedores impermeables a gases y vapores que pudieran perjudicar la frescura y por ende, el sabor y calidad del producto (Dallyn & Shorten, 1988; Marsh & Bugusu, 2007).

2.3.7 Características de empaques para determinados productos alimenticios

Para determinar las características que debe tener un empaque, se consideran diferentes aspectos que aplican en la predicción de la vida de anaquel de los alimentos empaquetados. Estos aspectos involucran procesos fisiológicos en primer lugar, la respiración de frutas, vegetales e incluso cárnicos; procesos químicos como la oxidación de lípidos, procesos físicos como el añejamiento del pan o la deshidratación de productos; aspectos microbiológicos en los que se involucran deterioros, ocasionados por microorganismos o contaminación por patógenos (Ahvenainen, 2003). Así mismo, se consideran las interacciones del material de empaquetado con la naturaleza del producto (Cuadro 1) para desarrollar el empaque apropiado.

Cuadro 1. Necesidades del producto (Coles, 2003).

Naturaleza del producto	
Naturaleza física	Gas, líquido viscoso, bloques sólidos, gránulos, flujo libre, polvos, emulsiones, pastas, etc.
Naturaleza química o bioquímica	Ingredientes, composición química, valor nutricional, corrosivo, pegajoso, volátil, perecedero, oloroso, etc.
Dimensiones	Tamaño y forma
Volumen, peso y densidad	Método de llenado, dispensación, exactitud, obligación legal, etc.
Sensibilidad de daños	Propiedades mecánicas de resistencia o fragilidad/debilidades
Deterioro del producto: Mecanismo (s) intrínseco que incluye cambios en	
Propiedades organolépticas	Gusto, olor, color, sonido y textura Por ejemplo, descomposición de vitamina C en guayabas en latadas
Descomposición química	Por ejemplo, enranciamiento del pan
Cambios químicos	Por ejemplo, enzimas, respiración
Cambios bioquímicos	Por ejemplo, conteo de bacterias
Estatus microbiológico	
Requisitos de vida de anaquel del producto	
Promedio de vida de anaquel necesitada	
Vida de uso necesitada	
Vida de anaquel técnica	Por ejemplo, ¿está en migración dentro de los límites legales?

2.4 Temperatura y bacterias patógenas asociadas a cárnicos

La contaminación a la que están expuestos los cárnicos, principalmente cuando son productos frescos, frecuentemente son ocasionados por distintos géneros de bacterias dentro de los cuales se incluye *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Psychrobacter*, *Aeromonas* y *Enterococcus* (Jay, Loessner, & Golden, 2005). El deterioro de la carne fresca, comúnmente se inicia por los microorganismos que se encuentran en los puntos de corte, en el caso de la pérdida de textura son ocasionadas por enzimas microbianas. Como resultado del deterioro de la carne, se logran percibir olores desagradables y gases, productos del metabolismo de microorganismos (Dave & Ghaly, 2011; Jay et al., 2005).

Debido a que los microorganismos tienen un amplio rango de temperatura, se deben considerar los valores en los que se presenta el crecimiento óptimo de los

patógenos, para proporcionar un almacenaje que logre asegurar el correcto refrigerado de la carne, generalmente la temperatura debe estar en un rango de 1 a 7 °C. Sin embargo, existen retos como los microorganismos psicrotrofos, los cuales pueden crecer en temperaturas por debajo de los 7 °C, aun cuando no se presente su temperatura óptima (Jay et al., 2005; Novoa & Restrepo, 2007).

La importancia de controlar la temperatura, se puede observar en ciertas especies de bacterias, como lo es *Escherichia coli* O157:H7, que tiene la capacidad de crecer cuando las temperaturas únicamente se exceden a 7.2 °C (Vorst et al., 2018).

La familia *Enterobacteriaceae* involucra un grupo grande de bacterias gram negativas, no formadoras de esporas, anaerobias facultativas. La presencia y crecimiento de estos microorganismos en los alimentos representan un importante deterioro, produciendo efectos nocivos en los humanos, así como pérdidas económicas. Dentro de los patógenos que representan un riesgo a la salud humana se incluyen *Salmonella enterica* serotipo Typhi, *Shigella dysenteriae*, *Yersinia pestis*, y diferentes subtipos de *Escherichia coli* (Wu et al., 2018).

La mayoría de las personas, presentan síntomas como náuseas, vómito y diarrea alrededor de dos a tres días después del consumo de alimentos deteriorados por microorganismos, principalmente de etiología bacteriana o viral.

2.4.1 Importancia del deterioro de productos cárnicos

La industria de alimentos actualmente implementa diferentes estrategias para asegurar la inocuidad de los alimentos, y así cumplir con los requerimientos para la comercialización de productos. Sin embargo, *Salmonella* spp. es un agente difícil de controlar, por lo cual continúa siendo uno de los patógenos con mayor relación a los alimentos. De acuerdo a la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria, anualmente se presentan 100,000 casos de salmonelosis tan solo en la Unión Europea (Stojanović-Radić et al., 2018). Dentro de los serotipos

aislados, *Salmonella enterica* subespecie *enterica* serovar Enteritidis es el de mayor presencia, provocando un 45.7% de los casos en el 2015, principalmente por el consumo de huevo y carne de pollo (Hugas & Beloeil, 2014; Stojanović-Radić et al., 2018).

Existen diferentes razones por las que se puede ocasionar una enfermedad transmitida por alimentos. Sin embargo, la principal causa es el consumo de alimentos que pudieran contener bacterias y virus (Apéndice 1) (Linscott, 2011).

2.4.2 Microorganismos en la descomposición de la carne

Mantener la inocuidad de la carne resulta ser un reto debido a que, todos los grupos de microorganismos albergan al menos a algún miembro que al presentarse las condiciones óptimas, es capaz de influir en su deterioro. Se puede intuir que en teoría dichos microorganismos se encuentran presentes en los productos, tomando en cuenta la composición de nutrientes y aspectos químicos y físicos de los alimentos (Gram et al., 2002).

En el proceso de la descomposición de la carne, se encuentran diferentes microorganismos, de los cuales se destacan principalmente *Pseudomonas* y *Enterobacteria*, por lo general esto se observa en carne de res, pollo, pescado y leche (Gram et al., 2002; Wu et al., 2018). El grupo de las *Enterobacteria* resultan ser de gran preocupación porque presenta efectos dañinos al ser humano, además de las pérdidas económicas que conlleva. Esta familia comprende un amplio grupo de bacterias gram negativas, no formadoras de esporas, y que pueden ser anaeróbicas facultativas. En este grupo se encuentran especies causantes de enfermedades a humanos como *Salmonella enterica* serovar Typhi, *Shigella dysenteriae*, *Yersinia pestis* y distintas *Escherichia coli* patogénicas (Wu et al., 2018).

2.4.3 Sustratos utilizados por microorganismos para la descomposición de la carne

Dentro de la descomposición de alimentos, se encuentran diferentes especies involucradas que requieren de distintos ambientes para un crecimiento óptimo, así como los sustratos específicos en los que se localizan (Gram et al., 2002), algunos de los requerimientos se muestran en el Cuadro 2. Por lo general, el deterioro de alimentos se presenta con aspectos babosos, malos olores y sabores desagradables. En el Cuadro 3 se mencionan los compuestos químicos y los sustratos utilizados en el deterioro de productos alimenticios (Gram et al., 2002).

Cuadro 2. Organismos típicos de descomposición de alimentos que dependen del perfil de preservación física/química (Gram et al., 2002).

Temperatura		Atmósfera		pH		a_w		Sustrato base			Producto típico	Organismo típico de deterioro
Baja	Alta	Aeróbica	Anaeróbica	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Aminoácidos	CHO simples	CHO complejos		
x		x			x		x	x			Pescado	<i>Shewanella</i> , <i>Pseudomonas</i>
x			x		x		x	x			Pescado	<i>Photobacterium</i> , <i>Shewanella</i>
x			x		x	(x)		x			Ahumados, pescado Marinados, pescado	Bacterias Ácido-Lácticas (LAB), <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Photobacterium</i>
x			x	x		(x)		x	(x)			LAB, yeast
x		x		x			x	x	(x)		Carne de res	<i>Pseudomonas</i> <i>LAC</i> ,
x			x	x			x	x	(x)		Carne de res	<i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Brocothrix</i> , <i>clostridia</i> <i>LAC</i> ,
x			x	(x)		(x)		x	(x)		Productos de res	<i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Brocothrix</i>
x		x			x		x		x		Leche	<i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i>
	x		x		x		x	x			Huevo	<i>Pseudomonas</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>

Cuadro 3. Sustratos y metabolitos de deterioro en alimentos microbiológicamente dañados (Gram et al., 2002).

Impresión sensorial	Producto de deterioro	Sustrato de deterioro	Producto alimenticio	Organismo específico de deterioro	Referencia
Pescado mal oliente	Polímero trimetilamina (TMA)	Oxido trimetilamina (TMAO)	Pescado	<i>Pseudomonas, S. putrefaciens</i>	(Shaw & Shewan, 1968)
	Aminas biogénicas	Aminoácidos	Carne de res	Enterobacteriaceae y LAB	(Dainty, Edwards, Hibbard, & Ramantanis, 1986)
			Pescado ^a	Enterobacteriaceae, LAB	(Jørgensen, Huss, & Dalgaard, 2000)
Mal olor de sulfuro	H ₂ S	Cisteína	Pescado ^a	<i>Photobacterium phosphoreum</i>	(Jørgensen et al., 2000)
			Pescado y carne de res	<i>S. putrefaciens</i> <i>Leuconostoc plantarum</i>	(Chai, Chen, Rosen, & Levin, 1968)
Verdoso	H ₂ S	Cisteína	Carne de res	<i>Pseudomonas spp.</i>	(Lee & Simard, 1984)
Mal olor de sulfuro	(CH ₃) ₂ S ₂	Metionina	Pescado, carne de res	Enterobacteriaceae	(Segal & Starkey, 1969)
Mal olor ácido	Ácido acético L, D-ácido láctico	Glucosa, ribosa, otros CHO	Carne de res	LAB	(Nassos, King, & Stafford, 1983)
Con olor a fruta	Esteres		Pescado	<i>P. fragi</i>	(a Miller, Scanlan, Lee, & Libbey, 1973)
			Leche	<i>P. fragi, P. putida y Y. intermedia</i> <i>B. thermosphacta,</i> Enterobacteriaceae	(Whitfield, Jensen, & Shaw, 2000)
Queso de mal olor	Acetoina, diacetilo, 3-metilbutanilo	Glucosa	Carne de res	homofermentatitava, LAB	(Dainty & Mackey, 1992)

^a Las aminas biogénicas pueden no ser la causa del deterioro, pero pueden servir como un índice de deterioro.

2.4.4 Especies de bacterias patógenas asociadas al tipo de carne y sus temperaturas.

Carne de res

- **Gram negativos:** Existen diferentes géneros que tienen la capacidad de provocar el deterioro de la carne, los cuales pueden ser divididos en Gram negativas y Gram positivas. Dentro de las Gram negativas suelen presentarse géneros como *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Psychrobacter*, *Acinetobacter*, *Brochothrix* y algunas especies psicotróficas de la familia Enterobacteriaceae. Por lo general el crecimiento óptimo lo presentan a temperaturas ≥ 4 °C (Davies & Board, 1998; Koutsoumanis, Stamatiou, Skandamis, & Nychas, 2006). Las especies del género *Pseudomonas* que pueden ocasionar el deterioro son *P. fragi*, *P. fluorescens* y *P. lundensis*. En la familia Enterobacteriaceae se presentan especies tolerantes al frío como *Hafnia alvei*, *Serratia liquefaciens* y *Pantoea agglomerans* (Nychas, Skandamis, Tassou, & Koutsoumanis, 2008; Reid et al., 2017). *Shewanella putrefaciens* es una de las principales especies que provocan un aspecto verdoso en la carne, por lo general en pH >6, la cual degrada aminoácidos como la cisteína y serina, la mayoría de las sepas son incapaces de crecer a temperaturas de 2 °C (Davies & Board, 1998).
- **Gram positivos:** Este grupo está representado principalmente por micrococci, bacterias ácido-lácticas (LAB), y *Brochothrix thermosphacta*; en menor cantidad suelen presentarse algunas bacterias saprofitas. Por otro lado, la contaminación cruzada representa un peligro latente y relevante, ocasionado por el manejo de los trabajadores. La contaminación se puede presentar en los productos si no se tienen las medidas higiénicas necesarias, algunas especies como *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, estreptococos del grupo A, *Clostridium*

perfringens A y B, *Cl. bifermentans*, *Cl. botulinum* A, B, E y F, *Cl. novyi*, y *Cl. sordelli*. Este grupo de bacterias poseen una tolerancia relativamente alta (excepto lo micrococos) a diferentes factores (Cuadro 4) como pueden ser los niveles mínimos aproximados de actividad del agua (a_w), las bajas temperaturas y bajo pH, lo cual resulta ser un factor importante para su persistencia en los alimentos a diferencia de las Gram negativas

Cuadro 4. Criterios supervivencia y crecimiento de bacterias asociadas al deterioro de cárnicos. Fuente: (Davies & Board, 1998).

Bacteria	Temp. (°C)		pH		a_w
	mínima	máxima	mínimo	máximo	
Gram negativa					
<i>E. coli</i>	7	44	4.4	9	0.95
<i>Pseudomonas</i> spp.	-5	32	5.3	8.5	0.98
Gram positiva					
<i>Bacillus</i> spp. (mesófila)	5	45	4.5	9.3	0.95 ^b /0.90
<i>Bacillus</i> spp. (termófila)	20	65-70	5.3	9	
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	0	30	4.6	9	0.94
<i>Clostridium</i> spp. (mesófila)	20 ^b /10	45	4.4	9.6	0.97 ^b /0.94
<i>Kurthia</i> spp.	5	45	5	8.5**	ca. 0.95
<i>Lactobacillus</i> spp.	2	45	3.7	7.2*	0.92
<i>Leuconostoc</i> spp.	1	40	4.2	8.5	0.93
<i>Listeria</i> spp.	1	45	5.5	9.6	0.94
<i>Pediococcus</i>	8	50-53	4.2	8.5	0.90
<i>Staphylococcus</i> (aeróbica)	6	48-50	4	9.8	0.83
<i>Staphylococcus</i> (anaeróbica)	8	45	4.5**	8.5**	0.91

^a = Especies psicotróficas; ^b = Producen esporas; * = Algunas cepas de *Lactobacillus sake* crecen en pH 8.5; ** = Valores estimados, ca = cerca de.

Carne de pollo

En el deterioro de la carne cruda se encuentra presente el género *Pseudomonas* principalmente. Sin embargo, la presencia del género es menor posterior al procesamiento, aunque toma importancia por su capacidad para crecer y reproducirse a bajas temperaturas, por lo que dichos organismos son llamados psicrófilos (Wabeck, 2002).

Dentro de las especies que se tienen reportes, *Salmonella enterica* y *Campylobacter jejuni*, son denominadas microaerófilo por su capacidad para crecer en ambientes con hasta el 5% de O₂ y con crecimiento óptimo a 42 °C (Wesley, 2009). Ambas especies representan el mayor riesgo por su agresividad en la salud humana. Algunas otras especies que se han encontrado en el deterioro incluyen *Arcobacter* y *Helicobacter* spp. *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, y en menor cantidad se encuentra *Escherichia coli* 0157, de la cual su crecimiento puede ser inhibido con temperaturas menores a 4.4 °C (Corry & Atabay, 2001; Mead, 2004; Wabeck, 2002). Para el caso de *Salmonella* y *Campylobacter* crecen en condiciones con alta humedad, temperaturas por encima de 30 °C y oxígeno reducido (Mead, 2004).

Clostridium perfringens presenta un grande riesgo por la capacidad que tiene para formar esporas, aunado a esto, algunas cepas producen esporas resistentes a altas temperaturas. Por ende, es posible que el proceso de cocción no las elimine y posterior a esto, crecer a niveles peligrosos para la salud humana, debido a un mal almacenamiento, pues crece rápidamente a temperatura de 15.5 a 49 °C. A pesar de que el organismo puede ser eliminado a 65.5 °C, las esporas logran sobrevivir a temperaturas de 100 °C hasta por una hora. Para poder reducir el crecimiento, es recomendable mantener el producto por debajo de los 5 °C, esto se logra fácilmente con un refrigerado correcto (Mead, 2004; Wabeck, 2002).

Staphylococcus aureus es el principal causante de intoxicación dentro del género *Staphylococcus*, la contaminación de los alimentos se logra principalmente por un mal manejo de quien manipula la carne cruda, ya que esta bacteria se encuentra principalmente en la piel y fosas nasales de humanos y animales. La transmisión suele producirse de humanos infectados por medio de estornudos, tos, respiración e inclusive al hablar. La contaminación no tiene importancia directamente por la presencia del organismo, si no por su capacidad para producir toxinas. La carne cruda debe ser almacenada por debajo de los 5 °C debido a

que una cocción tan sólo a 60 °C por 10 minutos, logra matar la bacteria, pero no tiene efecto sobre las toxinas ya producidas (Wabeck, 2002).

Carne de puerco

Las bacterias presentes en la carne fresca pueden depender inmediatamente del método y tipo de empaque utilizado. Para los cortes de calidad, con frecuencia se utiliza empaquetado al vacío, con lo cual se consigue limitar el crecimiento de bacterias anaeróbicas facultativas o anaeróbicas (Miller & Dickson, 2008).

Una fuente importante de infecciones causadas por *Salmonella enterica* es la carne de puerco (Hald, Vose, Wegener, & Koupeev, 2004; Møller et al., 2013). Algunos de los serotipos de mayor importancia para la salud humana son *Enteritidis* y *Typhimurium* (Prendergast et al., 2009). Así mismo, es posible encontrar microorganismos como Enterobacteriaceae, LAB, *Pseudomonas*, *Brochothrix thermosphacta*, *Arthrobacter* sp., *Enterococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Moraxella* sp., *Aeromonas* sp., *Acinetobacter* sp., *Lactobacillus* sp., *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica*, *Brucella suis*, *Toxoplasma gondii*, *Trichinella spiralis*, *Yersinia enterocolitica*, *Brucella suis*, *Toxoplasma gondii*, *Trichinella spiralis*, y *Taenia solium*. En las que las poblaciones logran ser reducidas con bajas temperaturas (Li, Zhou, Xu, Li, & Zhu, 2006; Miller & Dickson, 2008). Sin embargo, *Salmonella* y *Pseudomonas* tienen la mayor prevalencia en el deterioro de carne de puerco (Borch, Kant-Muermans, & Blixt, 1996; Liu, Guo, & Li, 2006).

Dentro de los organismos que logran crecer, aún con bajas temperaturas, *L. monocytogenes* y LAB presentan un alto potencial para prevalecer y continuar con su desarrollo. No obstante, en carnes como el tocino, se ha demostrado que el crecimiento de *L. monocytogenes* puede ser detenido si es almacenado a temperaturas por debajo de los 8 °C (Cornu, Billoir, Bergis, Beaufort, & Zuliani, 2011).

En la carne que se comercializa de forma cocida por métodos como *Bajo vacío* (*Sous vide*), pueden presentarse problemas de riesgo a la salud humana por patógenos como *Clostridium botulinum* y en algunos casos *Bacillus cereus* y *Clostridium perfringens*, las cuales se caracterizan por su capacidad para producir esporas (Borch & Arinder, 2002). Por otro lado, se presentan patógenos que no forman esporas, tales como *Salmonella*, *L. monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7. Para evitar la proliferación de dichas especies, se utilizan temperaturas de almacenaje menores a 3 °C (Díaz, Nieto, Garrido, & Bañón, 2008; Nyati, 2000).

En la industria de alimentos, el control del crecimiento microbiano está enfocado principalmente con factores extrínsecos como la temperatura y la atmosfera. El manejo de la temperatura incluye la temperatura externa al producto y la velocidad con la que se enfrían los productos. En la mayoría de las bacterias patógenas es posible reducir radicalmente su crecimiento a temperaturas de menos de 5 °C. Es importante mencionar la excepción a esta temperatura, como lo es el caso de *Listeria monocytogenes*, ya que muestra una resistencia a bajas temperaturas, pudiendo tener crecimiento aún a 0 °C (Miller & Dickson, 2008).

2.5 Literatura citada

- Afshar-Nadjafi, B. (2016). The influence of sale announcement on the optimal policy of an inventory system with perishable items. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 31, 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.04.010>
- Ahvenainen, R. (2003). Active and intelligent packaging. In *Novel Food Packaging Techniques* (pp. 5–21). New York: Woodhead Publishing.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39(1), 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>
- Bechini, A., Cimino, M. G. C. A., Marcelloni, F., & Tomasi, A. (2008). Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business. *Information and Software Technology*, 50(4), 342–359. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2007.02.017>

- Bili, M., & Taoukis, P. S. (1998). Evaluation of shelf life of flavored dehydrated products using accelerated shelf life testing and the Weibull Hazard sensory analysis. In *food flavors: Formation, analysis and packaging influences* (pp. 627–637). [https://doi.org/10.1016/S0167-4501\(98\)80083-6](https://doi.org/10.1016/S0167-4501(98)80083-6)
- Borch, E., & Arinder, P. (2002). Bacteriological safety issues in red meat and ready-to-eat meat products, as well as control measures. *Meat Science*, 62(3), 381–390. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00125-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00125-0)
- Borch, E., Kant-Muermans, M.-L., & Blixt, Y. (1996). Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 103–120. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01135-X](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01135-X)
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Bruckner, S., Albrecht, A., Petersen, B., & Kreyenschmidt, J. (2013). A predictive shelf life model as a tool for the improvement of quality management in pork and poultry chains. *Food Control*, 29(2), 451–460. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.048>
- Chai, T., Chen, C., Rosen, A., & Levin, R. E. (1968). Detection and incidence of specific species of spoilage bacteria on fish: II. Relative incidence of *Pseudomonas putrefaciens* and fluorescent Pseudomonads on haddock fillets. *Applied Microbiology*, 16(11), 1738–1741. Retrieved from <http://aem.asm.org/content/16/11/1738.abstract>
- Coles, R. (2003). Product needs. In *Food Packing Technology*. Blackwell. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=-OA4szVQvsAC&oi=fnd&pg=PR15&dq=food+packaging&ots=c7x9NEkNHr&sig=dGdIPD6L8W9zuG3qvGdujnZTH2U#v=onepage&q=food+packaging&f=false>
- Cornu, M., Billoir, E., Bergis, H., Beaufort, A., & Zuliani, V. (2011). Modeling microbial competition in food: Application to the behavior of *Listeria monocytogenes* and lactic acid flora in pork meat products. *Food Microbiology*, 28(4), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.08.007>
- Corry, J. E. L., & Atabay, H. I. (2001). Poultry as a source of *Campylobacter* and related organisms. *Journal of Applied Microbiology*, 90, 96–114. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01358.x>
- Dainty, R. H., Edwards, R. A., Hibbard, C. M., & Ramantanis, S. V. (1986). Bacterial sources of putrescine and cadaverine in chill stored vacuum-packaged beef. *Journal of Applied Bacteriology*, 61(2), 117–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1986.tb04264.x>

- Dainty, R. H., & Mackey, B. M. (1992). The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. *Journal of Applied Bacteriology*, 73, 103s-114s. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1992.tb03630.x>
- Dallyn, H., & Shorten, D. (1988). Hygiene aspects of packaging in the food industry. *International Biodeterioration*, 24(4–5), 387–392. [https://doi.org/10.1016/0265-3036\(88\)90025-5](https://doi.org/10.1016/0265-3036(88)90025-5)
- Dave, D., & Ghaly, A. E. (2011). Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: A critical review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(4), 486–510. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.486.510>
- Davies, A., & Board, R. (1998). *The Microbiology of meat and poultry* (First edit). London: Blackie Academic & Professional. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=w3adQSPSrD8C&oi=fnd&pg=PR9&dq=microbiology+of+meat&ots=kckXilxKG2&sig=GfTxz8vJw33pyRrhcGmXPoSrRkl#v=onepage&q=microbiology of meat&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=w3adQSPSrD8C&oi=fnd&pg=PR9&dq=microbiology+of+meat&ots=kckXilxKG2&sig=GfTxz8vJw33pyRrhcGmXPoSrRkl#v=onepage&q=microbiology%20of%20meat&f=false)
- Derens-Bertheau, E., Osswald, V., Laguerre, O., & Alvarez, G. (2015). Cold chain of chilled food in France. *International Journal of Refrigeration*, 52, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.06.012>
- Derens, E., Palagos, B., & Guilpart, J. (2006). The cold chain of chilled products under supervision in France. In *13th World Congress of Food Science & Technology* (Vol. 19, pp. 1503–1510). Les Ulis, France: EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/IUFoST:20060823>
- Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M. D., & Bañón, S. (2008). Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80(2), 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.002>
- Dittmer, P., Veigt, M., Scholz-Reiter, B., Heidmann, N., & Paul, S. (2012). The intelligent container as a part of the Internet of Things. *2012 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, 209–214. <https://doi.org/10.1109/CYBER.2012.6392555>
- do Nascimento Nunes, M. C., Nicometo, M., Emond, J. P., Melis, R. B., & Uysal, I. (2014). Improvement in fresh fruit and vegetable logistics quality: berry logistics field studies. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130307–20130307. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0307>
- Gogou, E., Katsaros, G., Derens, E., Alvarez, G., & Taoukis, P. S. (2015). Cold chain database development and application as a tool for the cold chain management and food quality evaluation. *International Journal of Refrigeration*, 52, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.01.019>

- Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B., & Givskov, M. (2002). Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 78(1–2), 79–97. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00233-7)
- Gwanpua, S. G., Verboven, P., Leducq, D., Brown, T., Verlinden, B. E., Bekele, E., ... Geeraerd, A. H. (2015). The FRISBEE tool, a software for optimising the trade-off between food quality, energy use, and global warming impact of cold chains. *Journal of Food Engineering*, 148(October 2007), 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.021>
- Hald, T., Vose, D., Wegener, H. C., & Koupeev, T. (2004). A bayesian approach to quantify the contribution of animal-food sources to human salmonellosis. *Risk Analysis*, 24(1), 255–269. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00427.x>
- Hertog, M. L. A. T. M., Uysal, I., McCarthy, U., Verlinden, B. M., & Nicolai, B. M. (2014). Shelf life modelling for first-expired-first-out warehouse management. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130306–20130306. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0306>
- Hugas, M., & Beloeil, P. (2014). Controlling *Salmonella* along the food chain in the European Union - progress over the last ten years. *Eurosurveillance*, 19(19), 20804. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.19.20804>
- ISO 9000. (2005). ISO 9000. Retrieved June 13, 2018, from <https://www.usco.edu.co/contenido/ruta-calidad/documentos/anexos/65-NTC ISO 9000-2005.pdf>
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed). Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/b100840>
- Jol, S., Kassianenko, A., Wszol, K., & Oggel, J. (2007). The cold chain, one link in Canada's food safety initiatives. *Food Control*, 18(6), 713–715. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.03.006>
- Jørgensen, L. V., Huss, H. H., & Dalgaard, P. (2000). The effect of biogenic amine production by single bacterial cultures, and metabiosis on cold-smoked salmon. *Journal of Applied Microbiology*, 89(6), 920–934. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01196.x>
- Joshi, K., Warby, J., Valverde, J., Tiwari, B., Cullen, P. J., & Frias, J. M. (2018). Impact of cold chain and product variability on quality attributes of modified atmosphere packed mushrooms (*Agaricus bisporus*) throughout distribution. *Journal of Food Engineering*, 232, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.019>

- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2016). Related titles, Front Matter, Copyright, Contributors, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. In P. Subramaniam (Ed.), *The Stability and Shelf Life of Food* (Second Edi, pp. 1–19). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.09001-8>
- Kiliç, B., Altaş, S., Sürengil, G., & Özdil, N. (2017). The development of new and alternative type of packaging for atlantic salmon (*Salmo salar*). Fillets by Producing Nonwoven Fabrics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12850. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12850>
- Koutsoumanis, K., Stamatiou, A., Skandamis, P., & Nychas, G. E. (2006). Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat , and validation of the model under dynamic temperature conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(1), 124–134. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.124>
- Labuza, T. P., & Taoukis, P. S. (1990). The Relationship between processing and shelf life. In *Elsevier Applied Science* (pp. 73–106). Elsevier Applied Science. Retrieved from <http://congtyhienquang.com/data/news/Labuza1990RelationshipBetweenProcessingandShelfLife.pdf>
- Lee, B. H., & Simard, R. E. (1984). Evaluation of methods for detecting the production of H₂S, volatile sulfides, and greening by *Lactobacilli*. *Journal of Food Science*, 49(4), 981–983. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb10374.x>
- Li, M. Y., Zhou, G. H. Ā., Xu, X. L., Li, C. B., & Zhu, W. Y. (2006). Changes of bacterial diversity and main flora in chilled pork during storage using PCR-DGGE. *Food Microbiology*, 23(7), 607–611. <https://doi.org//10.1016/j.fm.2006.01.004>
- Likar, K., & Jevšnik, M. (2006). Cold chain maintaining in food trade. *Food Control*, 17(2), 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.009>
- Linscott, A. J. (2011). Food-borne illnesses. *Clinical Microbiology Newsletter*, 33(6), 41–45. <https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2011.02.004>
- Liu, F., Guo, Y., & Li, Y. (2006). Interactions of microorganisms during natural spoilage of pork at 5°C. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.015>
- Lütjen, M., Dittmer, P., & Veigt, M. (2013). Quality driven distribution of intelligent containers in cold chain logistics networks. *Production Engineering*, 7(2–3), 291–297. <https://doi.org/10.1007/s11740-012-0433-3>
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging-roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39–R55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>

- Mead, G. C. (2004). Microbiological quality of poultry meat: a review. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 6(3), 135–142. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2004000300001>
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Uysal, I. (2017). Time-temperature management along the food cold chain: A review of recent developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 647–667. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269>
- Miller, a, Scanlan, R. a, Lee, J. S., & Libbey, L. M. (1973). Identification of the volatile compounds produced in sterile fish muscle (*Sebastes melanops*) by *Pseudomonas fragi*. *Applied Microbiology*, 25(6), 952–955. Retrieved from <https://aem.asm.org/content/25/6/952.short>
- Miller, G. Y., & Dickson, J. S. (2008). Food Safety Issues and the microbiology of pork. In *Microbiologically Safe Foods* (pp. 209–226). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470439074.ch10>
- Møller, C. O. A., Ilg, Y., Aabo, S., Christensen, B. B., Dalgaard, P., & Hansen, T. B. (2013). Effect of natural microbiota on growth of *Salmonella* spp. in fresh pork - A predictive microbiology approach. *Food Microbiology*, 34(2), 284–295. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.10.010>
- Nassos, P. S., King, A. D., & Stafford, A. E. (1983). Relationship between lactic-acid concentration and bacterial spoilage in ground-beef. *Applied and Environmental Microbiology*, 46(4), 894–900. Retrieved from <https://aem.asm.org/content/46/4/894.short>
- Novoa, C., & Restrepo, L. (2007). Influence of psychrotrophic bacteria in proteolytic activity of milk. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54, 9–16. <https://doi.org/10.15446/rfmvz>
- Nyati, H. (2000). An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11(6), 471–476. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00013-X)
- Nychas, G.-J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., & Koutsoumanis, K. P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1–2), 77–89. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.020>
- Prendergast, D. M., Duggan, S. J., Gonzales-Barron, U., Fanning, S., Butler, F., Cormican, M., & Duffy, G. (2009). Prevalence, numbers and characteristics of *Salmonella* spp. on Irish retail pork. *International Journal of Food Microbiology*, 131(2–3), 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.03.003>
- Raab, V., Petersen, B., & Kreyenschmidt, J. (2011). Temperature monitoring in meat supply chains. *British Food Journal*, 113(10), 1267–1289. <https://doi.org/10.1108/00070701111177683>

- Reid, R., Fanning, S., Whyte, P., Kerry, J., Lindqvist, R., Yu, Z., & Bolton, D. (2017). The microbiology of beef carcasses and primals during chilling and commercial storage. *Food Microbiology*, 61, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.08.003>
- Segal, W., & Starkey, R. L. (1969). Microbial decomposition of methionine and identity of the resulting sulfur products. *Journal of Bacteriology*, 98(3), 908–913. Retrieved from <https://jb.asm.org/content/98/3/908.short>
- Shaw, B. G., & Shewan, J. M. (1968). Psychrophilic spoilage bacteria of fish. *Journal of Applied Bacteriology*, 31(1), 89–96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1968.tb00344.x>
- Singh, S., Gaikwad, K. K., Lee, M., & Lee, Y. S. (2018). Temperature sensitive smart packaging for monitoring the shelf life of fresh beef. *Journal of Food Engineering*, 234, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.04.014>
- Singh, S., Lee, M. ho, Park, I., Shin, Y. J., & Lee, Y. S. (2016). Antimicrobial properties of polypropylene films containing AgSiO₂, AgZn and AgZ for returnable packaging in seafood distribution. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(4), 781–793. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9363-7>
- Stojanović-Radić, Z., Pejčić, M., Joković, N., Jokanović, M., Ivić, M., Šojić, B., ...& Mihajilov-Krstev, T. (2018). Inhibition of *Salmonella* enteritidis growth and storage stability in chicken meat treated with basil and rosemary essential oils alone or in combination. *Food Control*, 90, 332–343. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.013>
- Tromp, S.-O., Rijgersberg, H., Pereira da Silva, F., & Bartels, P. (2012). Retail benefits of dynamic expiry dates—Simulating opportunity losses due to product loss, discount policy and out of stock. *International Journal of Production Economics*, 139(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.029>
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, H. Y., & Tang, V. (2018). An intelligent model for assuring food quality in managing a multi-temperature food distribution centre. *Food Control*, 90, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.030>
- Vorst, K., Shivalingaiah, N., Monge Brenes, A. L., Coleman, S., Mendonça, A., Brown, J. W., & Shaw, A. (2018). Effect of display case cooling technologies on shelf-life of beef and chicken. *Food Control*, 94(June), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.06.022>
- Wabeck, C. J. (2002). Microbiology of poultry meat products. In D. D. Bell & W. D. Weaver (Eds.), *Commercial Chicken Meat and Egg Production* (Fifth Edit, pp. 1–1295). Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0811-3>

- Wesley, I. V. (2009). Food safety issues and the microbiology of poultry. In I. V. W. Norma L. Heredia (Ed.), *Microbiologically Safe Foods* (pp. 169–186). New Jersey: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470439074.ch8>
- Whitfield, F. B., Jensen, N., & Shaw, K. J. (2000). Role of *Yersinia intermedia* and *Pseudomonas putida* in the development of a fruity off-flavour in pasteurized milk. *Journal of Dairy Research*, 67(4), S0022029900004465. <https://doi.org/10.1017/S0022029900004465>
- Whiting, R. C. (1995). Microbial modeling in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6), 467–494. <https://doi.org/10.1080/10408399509527711>
- Wu, S., Xu, S., Chen, X., Sun, H., Hu, M., Bai, Z., ... Zhuang, X. (2018). Bacterial communities changes during food waste spoilage. *Scientific Reports*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26494-2>

Apéndice 1. Agentes comunes causantes de Enfermedades Trasmítidas por Alimentos (ETA's). Fuente: Linscott, 2011.

Organismo	Incubación	Signos y síntomas	Epidemiología	Diagnóstico de laboratorio
<i>Bacillus cereus</i> - Enterotoxina preformada, tipo emético	1 a 6 h	Inicio repentino de náuseas y vómito, con o son diarrea.	Alimentos cocinados, como arroz o carne, que no ha sido propiamente refrigerada.	Por lo general no se realizan; las heces y las fuentes de alimentos pueden ser necesitadas para la investigación de salud pública
<i>Bacillus cereus</i> - Tipo diarreica	8 a 16 h	Dolor abdominal con diarrea.	Varios alimentos cárnicos, vegetales, pastas, postres, pasteles, salsas, leche.	Por lo general no se realizan; las heces y las fuentes de alimentos pueden ser necesitadas para la investigación de salud pública
<i>Brucella</i> sp.	7 a 21 d	Fiebre, sudoración nocturna, dolor de espalda y de músculos, diarrea.	Leche cruda u otros productos lácteos sin pasteurizar, carne.	Serología positiva y/o en cultivo de sangre.
<i>Campylobacter</i> <i>jejuni</i>	2 a 5 d	Fiebre, calambres abdominales, diarrea con o sin sangre; en algunos individuos pueden verse el síndrome de Guillan- Barre.	Aves crudas y medio crudas, leche sin pasteurizar, agua contaminada.	Cultivo de heces con medio, temperatura y condiciones atmosféricas específicas; prueba inmuno- cromogénica rápida o pruebas moleculares.
<i>Clostridium</i> <i>botulinum</i> -toxina preformada	12 a 72 h	Calambres abdominales, náuseas, vómito, diarrea, visión doble, muerte o daño de nervios a largo plazo, pueden ser vistos.	Alimentos enlatados inadecuadamente, aceite con hierbas, papas al horno en papel aluminio.	Prueba de toxinas en suero, heces y/o alimentos realizados en algunos laboratorios del departamento de salud estatal o CDC

<i>Clostridium botulinum</i> -infantil	3 a 30 d	Síndrome del bebé flojo-letargo, debilidad, poco control de la cabeza; constipación, mala alimentación y reflejos de succión.	Miel, verduras y frutas enlatadas en el hogar, jarabe de maíz.	Prueba de toxinas en suero, heces y/o alimentos realizados en algunos laboratorios del departamento de salud estatal o Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC)
<i>Clostridium perfringens</i> -toxina	8 a 16 h	Diarrea, calambres abdominales, y náuseas.	Cárnicos, salsa, alimentos inadecuadamente recalentados.	Prueba de heces para enterotoxinas, no rutinariamente realizada en varios laboratorios clínicos.
<i>Cryptosporidium</i> sp.	2 a 10 d	Diarrea acuosa, calambres abdominales, la severidad depende del sistema inmunológico del individuo.	Alimentos medio crudos o alimentos contaminados, manejo de alimentos en mal estado, agua contaminada.	Detección de ooquistes en heces, usando tinción acidorresistente modificada, anticuerpos fluorescentes directos, o con inmunoanálisis.
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	1 a 14 d	Diarrea acuosa, dolor abdominal, náuseas, pérdida de apetito, y pérdida de peso.	Frutas y verduras frescas.	Detección de ooquistes en heces, usando tinción acidorresistente modificada.
<i>E. coli</i> - O157:H7 Enterohemorrágica y otras toxinas Shiga	1 a 8 d	Diarrea sanguinolenta, dolor abdominal y vómito, fiebre puede ser ausente; síndrome urémico hemolítico.	Carne de res medio cruda, leche y jugos sin pasteurizar, frutas crudas y verduras.	Aislamiento de microorganismos de cultivo de heces, usando medio MacConkey o CHROMagar; confirmación usando antisueños o aglutinación de látex; detección de toxinas shiga por pruebas inmunoensayo.
Virus de la Hepatitis A	15 a 50 d	Diarrea, ictericia, orina oscura, fiebre,	Productos crudos, tomar agua contaminada, alimentos	Aumento de Alanina aminotransferasa (ALT) y bilirrubina, prueba de serología:

		dolor de cabeza, náuseas y dolor abdominal.	contaminados por manejo, y mariscos de agua contaminada.	anticuerpos positivos IgM y anti-hepatitis A.
<i>Listeria monocytogenes</i>	9 a 48 h (gastrointestinal) 2 a 6 s (enfermedad invasiva)	Diarrea, fiebre, dolor de músculos, y náuseas; mujeres embarazadas pueden tener síntomas leves como gripe, y la infección puede conducir a parto prematuro o muerte fetal. Meningitis y septicemia puede verse en ancianos o en personas inmunodeprimidas.	Leche sin pasteurizar, queso suave hecho con leche sin pasteurizar, carnes frías y hot-dogs.	Cultivo de sangre y fluido cerebroespinal; anticuerpos para listeriolisina O; cultivos de heces pueden ser inútiles, como el transporte asintomático ocurre.
<i>Norovirus</i>	12 a 48 h	Náuseas, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre y dolor de cabeza.	Productos crudos, agua contaminada, alimentos contaminados por manejo, mariscos de aguas contaminadas.	PCR de transcripción inversa realizada en fresco, muestras de heces no conservadas; cultivos negativos de heces y tinción fecal para glóbulos blancos.
<i>Salmonella</i> spp.	1 a 3 d (No Typhi) 3 a 60 d (Typhi)	No Typhi: diarrea, fiebre y calambres abdominales. Typhi: fiebre, resfriado, anorexia, malestar, estreñimiento y mialgia.	Huevos contaminados; pollo; leche sin pasteurizar, lácteos, jugo, frutas y vegetales crudos contaminados.	Cultivos de heces (no Typhi) cultivos de heces y sangre (Typhi).

<i>Shigella</i> spp.	24 a 48 h	Diarrea (+/- sangre y moco), fiebre, y calambres abdominales.	Comida y agua contaminada por material fecal; alimentos contaminados por personas.	Cultivos de heces (no Typhi) cultivos de heces y sangre (Typhi).
<i>Staphylococcus aureus</i> (enterotoxina realizada)	1 a 6 h	Inicio repentino de nauseas, vómito y calambres abdominales; fiebre y diarrea pueden presentarse.	Carnes sin refrigeración o sin ella, ensaladas de papa y huevos, o pasteles de crema.	Diagnóstico clínico; toxinas pueden ser evaluadas de las heces, vomito, o alimentos a través de un laboratorio público o laboratorio de referencia.
<i>Trichinella spiralis</i>	1 a 2 d síntomas intestinales; 1 a 4 s síntomas sistémicos	Fase aguda: nauseas, diarrea, vomito, fatiga, dolor abdominal. Fase sistemática: dolor muscular, edema periorbital, eosinofilia, ocasionalmente anormalidades cardiacas y neurológicas.	Carne (puerco, oso, morsa, ratón) cruda o medio cruda, carne molida contaminada, cordero.	Serología positiva, demostración de larvas en muestras de biopsias musculares, incremento en eosinófilos.
<i>Vibrio cholerae</i> (O1, O139) (no O1 o no 139)	24 a 72 h	Diarrea acuosa profusa, vómito, deshidratación y la muerte pueden ocurrir dentro de varias horas.	Agua contaminada, pescado crudo, mariscos y crustáceos.	Cultivo de heces, incluyendo agar de sacarosa de sales biliares de citrato de tiosulfato (requerimientos necesarios para incluir medio específico).
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	2 a 48 h	Diarrea acuosa, calambres	Mariscos crudos o medio crudos, o contaminados con el agua de mar.	Cultivo de heces, incluyendo agar de sacarosa de sales biliares de citrato de

		musculares, náuseas, vómito.		tiosulfato (requerimientos necesarios para incluir medio específico).
<i>Vibrio vulnificus</i>	1 a 7 d	Vómito, diarrea, dolor abdominal, posible septicemia (especialmente en pacientes alcohólicos o problemas de hígado).	Mariscos crudos o medio crudos, o contaminados con el agua de mar.	Cultivo de heces, incluyendo agar de sacarosa de sales biliares de citrato de tiosulfato (requerimientos necesarios para incluir medio específico).
<i>Yersinia enterocolitica</i>	24 a 48 h	Diarrea, vómito, fiebre, dolor abdominal (puede mimetizar apendicitis).	Puerco medio crudo, leche sin pasteurizar, tofu, agua contaminada, menudos de cerdo.	Cultivo de heces o sangre, incluyendo agar de novobiocina cefsulodina-irgasan o medios de materia fecal de rutina a temperatura apropiada.

3 IMPORTANCIA DE LA CADENA DE FRÍO DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN SUPERMERCADOS

3.1 Resumen

La cadena de frío inicia posterior al proceso de sacrificio hasta su consumo final. Al presentarse abusos de temperatura se aumentan al mismo tiempo el desperdicio de alimentos y la posibilidad de brotes de infecciones causadas por diferentes patógenos. El objetivo de esta investigación fue determinar la gestión de la cadena de frío y niveles de higiene que operan en cinco supermercados de Texcoco de Mora, estado de México. Se registró la temperatura de la superficie de la carne de res, localizada en diferentes posiciones de los refrigeradores de autoservicio de cinco supermercados. Se realizaron evaluaciones visuales para determinar los niveles de higiene de las diferentes áreas de servicio y del manejo de productos cárnicos por parte del personal. Los datos registrados de la temperatura de exhibición se analizaron con un modelo mixto para mediciones repetidas en el tiempo y diseño completamente al azar. Los registros para los niveles de higiene se analizaron como variables categóricas con la prueba de Ji-cuadrada como datos de un diseño completamente al azar. Al menos el 40% de los supermercados evaluados reportaron temperaturas por arriba de lo establecido por la NOM-251-SSA1-2009. Los supermercados evaluados mostraron en general niveles de higiene de regular a bueno. Sin embargo, se encontraron bajos niveles de higiene en aspectos específicos que influyen en la vida de anaquel de los productos. Por lo tanto, los supermercados son incapaces de asegurar los niveles de inocuidad requeridos. Los niveles de higiene de los supermercados estudiados pueden ser mejorados, mediante capacitaciones de inocuidad a los trabajadores y encargados de los sistemas de refrigeración.

Palabras Clave: cadena de frío, temperatura, higiene, patógenos, cárnicos.

3.2 Abstract

IMPORTANCE OF THE COLD CHAIN OF MEAT PRODUCTS IN SUPERMARKETS

The cold chain begins after the slaughter process until its final consumption. When presenting temperature abuse, food waste and the possibility of infection outbreaks caused by different pathogens are increased at the same time. The aim of this study was to determine the management of the cold chain and hygiene levels that operate in five supermarkets in Texcoco de Mora, State of Mexico. The surface temperature of beef was recorded, located in different positions of the self-service refrigerators of the five supermarkets. Visual evaluations were carried out to determine the hygiene levels of the different service areas and the handling of meat products by the staff. The recorded data of the displayed temperature were analyzed with a mixed model for repeated measurements over time and completely randomized design. The records for hygiene levels were analyzed as categorical variables with the Chi-square test as data from a completely randomized design. At least 40% of the supermarkets evaluated reported temperatures above what is established by NOM-251-SSA1-2009. The supermarkets evaluated generally showed levels of hygiene from fair to good. However, low levels of hygiene were found in specific aspects that influence the shelf life of the products. Therefore, supermarkets are unable to ensure the required safety levels. The hygiene levels of the evaluated supermarkets can be improved, through safety training for workers and managers of supermarket refrigeration systems.

Key words: Cold chain, temperature, hygiene, pathogens, meat.

3.3 Introducción

Dentro de la cadena de suministro de alimentos, los productos pasan por diferentes eslabones donde se realizan actividades específicas que requieren de procesamientos con Buenas Prácticas de Higiene y temperaturas controladas. Desviaciones en los estándares establecidos puede aumentar el desperdicio de alimentos (Göransson, Nilsson, & Jevinger, 2018). En consecuencia, es necesario que la cadena de frío comience una vez que los animales han sido sacrificados, enfriando las canales lo más pronto posible durante 48-72 horas y durante el transporte para su deshuese (Reid et al., 2017). Se requiere de un control especial de la temperatura en todo momento, iniciando con las primeras 24 horas después del sacrificio, debido a que en la carne ocurren diferentes cambios de estructura y procesos bioquímicos que influyen en la calidad y palatabilidad de los alimentos, por ello es necesario que la temperatura del núcleo de la carne no descienda por debajo de los 10 °C, para prevenir su acortamiento (Panel & Biohaz, 2014).

Actualmente la industria alimentaria ha tenido avances significativos para reducir el desperdicio de alimentos, en especial aquellos provocados por diferentes microorganismos patógenos. Sin embargo, aún se presenta un gran número de reportes de enfermedades causadas principalmente por *Salmonella* spp. en la Unión Europea (Stojanović-Radić et al., 2018). En específico, *Salmonella enterica* subespecie *enterica* serovar Enteritidis fue el causante del 41.4% de enfermedades reportadas para el 2014, aumentando al 45.7% para el 2015 (Hugas & Beloeil, 2014).

Una de las dificultades para mantener la cadena de frío, es la cantidad de eslabones que se ven involucradas en ésta. A lo largo de todos estos pasos se han evaluado diferentes eslabones que se consideran débiles o de mayor riesgo, uno de ellos es la venta al menudeo. De acuerdo con mediciones realizadas en diferentes tiendas minoristas, se ha encontrado que a menudo se la temperatura de los refrigeradores se encuentra por arriba del límite permitido (Mercier, Villeneuve, Mondor, & Uysal, 2017). En la mayoría de los casos, las tiendas minoristas registran datos sobre la higiene de los productos, pero no acerca de la temperatura (Lundén, Vanhanen,

Kotilainen, & Hemminki, 2014a). Los niveles de inocuidad dependen principalmente de las capacidades de cada país, siendo menores en países en desarrollo; en el caso de México se utilizan medidas como Tipo Inspección Federal (TIF) a la carne (Jiménez & Chaidez, 2013; Maldonado & Martínez, 2015).

El objetivo de esta investigación fue determinar la gestión de la cadena de frío y niveles de higiene presentes en el eslabón supermercados, de cinco establecimientos en Texcoco de Mora, Estado de México.

3.4 Materiales y métodos

Se midió la temperatura y diversos aspectos de la higiene en los puntos de exhibición y venta de productos cárnicos en cinco supermercados del municipio de Texcoco de Mora, Estado de México, del 7 de enero al 30 de diciembre del 2018. En este tiempo se midió la temperatura en la superficie de la carne de res, colocada en la parte frontal, media, y posterior de los refrigeradores de autoservicio donde se exhibieron y pusieron a la venta al público. La medición de la temperatura fue con un termómetro infrarrojo (MASIONE GM320). Las medidas de higiene en dichos sitios fueron evaluadas por apreciación visual en la vestimenta de los empleados, zona de trabajo, anaqueles y zonas aledañas, de acuerdo a lo propuesto por Lundén et al. (2014a), con escalas de valoración de cinco niveles para la categoría higiene que fueron: muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno.

Análisis de datos

Los datos para las temperaturas de las partes, frontal, media y posterior de los refrigeradores de exhibición y venta de productos cárnicos se analizaron con un modelo mixto para mediciones repetidas en el tiempo, con el procedimiento para modelos mixtos de SAS (SAS, 2013). El modelo estadístico correspondió a un diseño completamente aleatorizado. La separación o agrupación de medias entre posiciones de los refrigeradores fue realizada con la prueba estadística t de student. La temperatura promedio de cada posición de los refrigeradores donde se exhibe la carne se compararon con el valor de temperatura señalado en la NOM-251-SSA1-2009.

Los niveles para la categoría higiene-sanidad de áreas alrededor de los sitios de exhibición y venta de productos cárnicos de supermercados se analizó como datos categóricos con la prueba estadística de ji-cuadrada (SAS, 2013), provenientes de un diseño experimental completamente aleatorizado. La agrupación de los porcentajes para los niveles fue analizada con intervalos de confianza, $(Porcentaje \pm \sqrt{\frac{Porcentaje*(100-porcentaje)}{Número\ de\ registros\ para\ el\ porcentaje}})$, calculados para cada nivel de categorías, con una probabilidad de $P < 0.05$.

3.5 Resultados y discusión

De acuerdo con los datos obtenidos en este estudio, se indican primeramente las temperaturas registradas en cada una de las posiciones del anaquel donde se exhibía la carne. En segundo lugar, se muestran los datos resultantes del análisis de parámetros higiénico-sanitario de los sitios de muestreo seleccionados.

a) Hallazgos de análisis de temperatura

En el Cuadro 5 se muestra el registro anual de temperatura, donde en la posición frente, tres de los cinco supermercados reportaron medias de temperatura por debajo del límite superior. Sin embargo, los dos restantes presentaron problemas en su control de la cadena de frío, presentando temperaturas superiores a 4 °C como lo indica la NOM-251-SSA1-2009. Mientras que, en la posición medio, se encontró que tres supermercados cumplieron con lo establecido en la norma. Por otro lado, aunque el supermercado tres, casi logro entrar al rango permitido por la norma, tuvo temperaturas superiores, pero con un nivel de riesgo menor que el supermercado uno. Referente a la posición posterior, no se presentaron problemas para mantener la cadena de frío, ya que en este caso todos los supermercados evaluados, reportaron temperaturas dentro del rango permitido por la normatividad. Aun cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, ninguna superó la máxima temperatura permitida.

Cuadro 5. Registro anual de temperaturas de la carne de anaqueles exhibidas en los distintos supermercados.

Supermercado /Posición	Frente	Medio	Posterior
1	6.83 ± 0.36 ^a	6.84 ± 0.34 ^a	2.86 ± 0.42 ^a
2	2.85 ± 0.39 ^b	2.49 ± 0.41 ^c	0.76 ± 0.42 ^{bc}
3	6.87 ± 0.47 ^a	4.21 ± 0.37 ^b	1.37 ± 0.56 ^b
4	2.85 ± 0.42 ^b	1.65 ± 0.33 ^c	-1.06 ± 0.36 ^c
5	3.87 ± 0.41 ^b	3.53 ± 0.39 ^b	-0.21 ± 0.47 ^c

Medias con la misma literal en las columnas, son iguales estadísticamente con una $p < 0.05$.

De acuerdo con los análisis de este estudio, se obtuvieron los registros de temperatura por cada supermercado y por estación del año en cada una de las posiciones de los anaqueles. Por consiguiente, en el Cuadro 6 se muestran los registros de temperatura de la posición frente, la cual resultó ser la que mayores problemas presenta para los supermercados 1 y 3, rebasando lo establecido por la norma en más de 2 °C para cada una de las estaciones del año. Por otro lado, los supermercados 2, 4 y 5 permanecieron dentro de lo establecido por la ley, con excepción de los supermercados 4 y 5 que tuvieron fluctuaciones durante el otoño.

Cuadro 6. Medias de temperaturas de la carne exhibida en anaqueles por estación en la posición FRENTE en cada uno de los supermercados.

Supermercado /estación	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
1	6.48± 1.35 ^{Aa}	6.35± 1.43 ^{Aa}	6.85± 1.27 ^{Aa}	7.57± 1.63 ^{Aa}
2	1.23± 1.45 ^{Bb}	2.57± 1.84 ^{Bab}	3.77± 1.51 ^{Ba}	3.65± 1.06 ^{Ba}
3	6.88± 1.37 ^{Aa}	6.18± 2.69 ^{Aa}	6.74± 1.90 ^{Aa}	7.62± 1.20 ^{Aa}
4	2.33± 1.10 ^{Bab}	2.20± 1.71 ^{Bab}	2.24± 1.90 ^{Bab}	4.46± 1.59 ^{Ba}
5	3.25± 1.51 ^{Ba}	3.86± 2.00 ^{Ba}	3.92± 1.88 ^{Ba}	4.37± 1.00 ^{Ba}
Media	4.04± 0.82 ^{ab}	4.23± 0.96 ^b	4.70± 0.86 ^{ab}	5.53± 0.71 ^a

Medias con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente con una $p < 0.05$. Agrupación de medias con letra minúscula en horizontal y mayúscula en vertical.

En el Cuadro 7 se indican las temperaturas registradas en la posición medio del anaquel donde se exhibía la carne. Se encontró que cuatro de los cinco supermercados evaluados tuvieron un buen control de la cadena de frío durante invierno y primavera. Sin embargo, para el verano, únicamente los supermercados

2 y 4 mantuvieron sus temperaturas adecuadas. Para el otoño, tres de ellos mantuvieron sus temperaturas dentro del margen permitido, siendo los supermercados 1 y 3 los que presentaron violaciones a la norma.

Cuadro 7. Medias de temperaturas de la carne exhibida en anaqueles por estación en la posición MEDIO en cada uno de los supermercados.

Supermercado /estación	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
1	5.40± 1.29 ^{Ab}	5.92± 1.39 ^{Ab}	8.25± 0.80 ^{Aa}	7.60± 1.20 ^{Aab}
2	1.00± 2.39 ^{Cab}	1.78± 1.57 ^{Bab}	3.52± 1.20 ^{BCa}	3.48± 0.86 ^{BCa}
3	3.33± 1.72 ^{Bab}	3.05± 1.61 ^{Bab}	4.90± 1.18 ^{Bab}	5.40± 1.06 ^{Ba}
4	-0.08± 1.04 ^{Cc}	1.55± 0.98 ^{Bb}	1.66± 1.22 ^{Cb}	3.23± 1.27 ^{BCa}
5	1.99± 1.65 ^{BCb}	2.96± 1.63 ^{Bb}	5.15± 1.14 ^{Ba}	3.86± 1.23 ^{BCb}
Media	2.33± 0.88 ^b	3.05± 0.74 ^b	4.70± 0.73 ^a	4.71± 0.0.63 ^a

Medias con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente con una $p < 0.05$. Agrupación de medias con letra minúscula en horizontal y mayúscula en vertical.

A excepción de la estación de verano, la temperatura de la parte posterior del exhibidor se encontró dentro de lo permitido en todos los centros comerciales (Cuadro 8). En esta posición no hay riesgo de daño a las carnes colocadas en la posición posterior del exhibidor donde al parecer se conserva una temperatura adecuada todo el año, a excepción del centro comercial uno en el cual se registraron temperaturas superiores a los 4.0 °C.

Cuadro 8. Medias de temperaturas de la carne exhibida en anaqueles por estación en la posición POSTERIOR en cada uno de los supermercados.

Supermercado /estación	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
1	2.07± 1.39 ^{Aa}	2.28± 1.90 ^{Aa}	4.95± 1.53 ^{Aa}	2.15± 1.31 ^{Aa}
2	-1.01± 1.76 ^{Bb}	-0.13± 1.82 ^{Bab}	2.54± 1.45 ^{Ba}	1.45± 0.88 ^{Aa}
3	-1.56± 2.04 ^{Ba}	2.77± 2.69 ^{Aa}	2.87± 2.02 ^{Ba}	1.17± 1.31 ^{Aa}
4	-3.19± 1.53 ^{Bab}	-1.04± 1.20 ^{Bab}	-0.18± 1.31 ^{Cab}	-0.06± 0.98 ^{Ba}
5	-2.38± 1.98 ^{Ba}	-0.22± 2.31 ^{Ba}	1.98± 1.27 ^{Ba}	-0.37± 0.96 ^{Ba}
Media	-1.21± 0.88 ^c	0.73± 0.96 ^b	2.43± 0.78 ^a	0.87± 0.53 ^b

Medias con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente a una $p < 0.05$. Agrupación de medias con letra minúscula en horizontal y mayúscula en vertical.

b) Hallazgos del análisis higiénico-sanitario

De acuerdo con los datos obtenidos de la evaluación visual, se obtuvo una perspectiva general del nivel de higiene que se tiene en los supermercados. En el Cuadro 9 se observa que se tiene un alto porcentaje en los niveles de higiene, principalmente de regular a bueno. Sin embargo, los parámetros de número de muestras en área de superficie y presencia de cadena de frío tienen un alto porcentaje en el nivel malo, siendo estos parámetros de gran importancia debido a que repercuten directamente a la vida de anaquel de los productos, así como existe el riesgo de crecimientos microbiológicos acelerados.

Cuadro 9. Niveles de higiene en diferentes áreas de los supermercados de Texcoco de Mora.

Parámetros/áreas	Malo (%)	Regular (%)	Bueno (%)
Limpieza aledaña a la zona de servicio			
Limpieza (suelo, superficie) (P <0.0001)	---	26.10 ± 5.45 ^B	73.90 ± 3.24 ^A
Productos en cadena de frío (P <0.0001)	2.82 ± 6.24 ^C	35.20 ± 5.09 ^B	62.00 ± 3.87 ^A
Limpieza del empleado			
Sí tiene uniforme (P<0.0001)	4.80 ± 6.17 ^C	30.40 ± 5.28 ^B	64.80 ± 3.75 ^A
Estado del uniforme (P<0.0001)	2.0 ± 6.26 ^B	49.60 ± 4.49 ^A	48.40 ± 4.54 ^A
Limpieza (P<0.0001)	1.20 ± 6.29 ^B	47.41 ± 4.58 ^A	51.39 ± 4.40 ^A
Limpieza de la sala de despacho			
Sí existe orden (P<0.0001)	4.40 ± 6.18 ^C	42.0 ± 4.82 ^B	53.60 ± 4.31 ^A
Nº de muestras en área de superficie (P=0.0648)	18.40 ± 5.71 ^B	40.40 ± 4.88 ^A	41.20 ± 4.85 ^A
Limpieza del equipo			
Limpieza (P<0.0001)	2.40 ± 6.25 ^C	32.80 ± 5.18 ^B	64.80 ± 3.75 ^A
Área de servicio			
Limpieza (P<0.0001)	0.40 ± 6.31 ^C	21.60 ± 5.6 ^B	78.0 ± 2.97 ^A
Zona de autoservicio			
Limpieza (P<0.0001)	2.40 ± 6.25 ^C	31.60 ± 5.23 ^B	66.0 ± 3.69 ^A
Presencia de cadena de frío (P= 0.0419)	30.77 ± 5.60 ^A	41.18 ± 5.16 ^A	28.05 ± 5.71 ^A

Porcentajes con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente.

A lo largo del año, el supermercado 1, representado en el Cuadro 10, tuvo de forma general un buen nivel de higiene en la mayoría de los parámetros evaluados en cuanto a su manejo de productos cárnicos, teniendo sus mayores porcentajes en la clasificación bueno. Por otro lado, de forma específica se puede ver que tuvo severos problemas en cuanto a su control de la cadena de frío, teniendo altos porcentajes en la clasificación malo. Así mismo, en el parámetro *número de muestras en área de superficie* se tuvo un porcentaje elevado en el nivel catalogado como “malo”.

Cuadro 10. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 1.

Parámetros/áreas	Malo (%)	Regular (%)	Bueno (%)
Limpieza aledaña a la zona de servicio			
Limpieza (suelo, superficie) (P = 0.0961)	---	38.46 ± 10.88 ^B	61.54 ± 8.60 ^A
Productos en cadena de frío (P <0.0001)	1.92 ± 13.78 ^C	32.69 ± 11.38 ^B	65.38 ± 8.16 ^A
Limpieza del empleado			
Sí tiene uniforme (P=0.0003)	---	25.00 ± 12.01 ^B	75.00 ± 6.93 ^A
Estado del uniforme (P=1.0000)	---	50.00 ± 9.81 ^A	50.00 ± 9.81 ^A
Limpieza (P=0.4054)	---	44.23 ± 10.33 ^A	55.77 ± 9.20 ^A
Limpieza de la sala de despacho			
Sí existe orden (P<0.0001)	1.92 ± 13.78 ^C	32.69 ± 11.38 ^B	65.38 ± 8.16 ^A
Nº de muestras en área de superficie (P=0.0092)	15.38 ± 12.75 ^B	34.62 ± 11.21 ^{AB}	50.00 ± 9.81 ^A
Limpieza del equipo			
Limpieza (P<.0001)	3.85 ± 13.60 ^B	23.08 ± 12.16 ^B	73.08 ± 7.20 ^A
Área de servicio			
Limpieza (P<0.0001)	---	19.23 ± 12.46 ^B	80.77 ± 6.08 ^A
Zona de autoservicio			
Limpieza (P<0.0001)	1.92 ± 13.72 ^C	30.77 ± 11.54 ^B	67.31 ± 7.93 ^A
Presencia de cadena de frío (P=0.0308)	50.00 ± 9.81 ^A	21.15 ± 12.31 ^B	28.85 ± 11.70 ^B

Porcentajes con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente.

Dentro de los supermercados evaluados, se puede ver en el Cuadro 11 que el supermercado 2 contó con niveles de higiene de regular a bueno, presentando altos porcentajes en la categoría malo, únicamente en el parámetro sobre el número de muestras por área de superficie. Si bien, no se detectaron diferencias estadísticas significativas, esto representa un riesgo debido a que se eleva la probabilidad de una contaminación cruzada.

Cuadro 11. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 2.

Parámetros/áreas	Malo (%)	Regular (%)	Bueno (%)
Limpieza aledaña a la zona de servicio			
Limpieza (suelo, superficie) (P=0.0005)	---	25.49± 12.09 ^B	74.51 ± 1.07 ^A
Productos en cadena de frío (P <0.0001)	---	31.37± 11.60 ^B	68.63 ± 7.84 ^A
Limpieza del empleado			
Sí tiene uniforme (P=0.0071)	13.73± 13.01 ^A	37.25± 11.09 ^A	49.02 ± 10.00 ^A
Estado del uniforme (P=0.0002)	5.88 ± 13.58 ^B	49.02 ± 10.0 ^A	45.10 ± 10.38 ^A
Limpieza (P=0.8886)	---	49.02± 10.00 ^A	50.98 ± 9.80 ^A
Limpieza de la sala de despacho			
Sí existe orden (P<0.0001)	5.88 ± 13.58 ^C	58.82± 8.99 ^A	35.29 ± 11.26 ^B
Nº de muestras en área de superficie (P=0.1926)	25.49± 12.09 ^A	45.10± 10.38 ^A	29.41 ± 11.76 ^A
Limpieza del equipo			
Limpieza (P<0.0001)	3.92 ± 13.72 ^B	39.22± 10.92 ^A	56.86 ± 9.20 ^A
Área de servicio			
Limpieza (P<0.0001)	---	19.61± 12.56 ^B	80.39± 6.20 ^A
Zona de autoservicio			
Limpieza (P<0.0001)	1.96 ± 13.86 ^C	25.49± 12.09 ^B	72.55 ± 7.34 ^A
Presencia de cadena de frío (P=0.0001)	9.09 ± 30.33 ^B	90.91 ± 6.43 ^A	---

Porcentajes con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente.

Los niveles de higiene del supermercado 3 representados en el Cuadro 12, mostraron un control general de regular a bueno en las diferentes áreas de cárnicos evaluadas. Sin embargo, este supermercado tuvo un déficit significativo en su control de la cadena de frío, teniendo su mayor porcentaje en la categoría “malo”, lo cual representa un riesgo potencial para el control del crecimiento bacteriano, así como en la vida de anaquel de los productos.

En el supermercado 4 (Cuadro 13) se encontraron los mejores niveles de higiene en sus diferentes áreas, presentando porcentajes elevados únicamente en dos categorías, regular y bueno. Dicho supermercado, tuvo porcentajes bajos en la categoría “malo” en comparación con la categoría “regular” y “bueno”, lo cual representa un buen manejo de la higiene en las distintas áreas.

Cuadro 12. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 3.

Parámetros/áreas	Malo (%)	Regular (%)	Bueno (%)
Limpieza aledaña a la zona de servicio			
Limpieza (suelo, superficie) (P = 0.0004)	---	24.49 ± 12.41 ^B	75.51 ± 7.07 ^A
Productos en cadena de frío (P = 0.0002)	2.00 ± 14.00 ^B	54.00 ± 9.59 ^A	44.00 ± 10.58 ^A
Limpieza del empleado			
Sí tiene uniforme (P=0.0002)	6.00 ± 13.71 ^B	44.00 ± 10.58 ^A	50.00 ± 10.00 ^A
Estado del uniforme (P<0.0001)	2.00 ± 14.00 ^C	62.00 ± 8.72 ^A	36.00 ± 11.31 ^B
Limpieza (P<0.0001)	2.00 ± 14.00 ^B	54.00 ± 9.59 ^A	44.00 ± 10.58 ^A
Limpieza de la sala de despacho			
Sí existe orden (P=0.0022)	10.00± 13.42 ^A	44.00 ± 10.58 ^A	46.00 ± 10.39 ^A
N° de muestras en área de superficie (P=0.0130)	16.00± 12.96 ^A	50.00± 10.00 ^A	34.00 ± 11.49 ^A
Limpieza del equipo			
Limpieza (P=0.0109)	---	32.00 ± 11.66 ^B	68.00 ± 8.00 ^A
Área de servicio			
Limpieza (P=0.0109)	---	32.00 ± 11.66 ^B	68.00 ± 8.00 ^A
Zona de autoservicio			
Limpieza (P<0.0001)	6.00 ± 13.71 ^B	38.00 ± 11.14 ^A	56.00 ± 9.38 ^A
Presencia de cadena de frío (P= 0.1130)	46.0± 13.39 ^A	32.00 ± 11.66 ^A	22.00 ± 12.49 ^A

Porcentajes con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente.

Cuadro 13. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 4.

Parámetros/áreas	Malo (%)	Regular (%)	Bueno (%)
Limpieza aledaña a la zona de servicio			
Limpieza (suelo, superficie) (P<0.0001)	---	14.00± 13.11 ^B	86.00 ± 5.29 ^A
Productos en cadena de frío (P <0.0001)	---	31.37± 11.60 ^B	68.63 ± 7.84 ^A
Limpieza del empleado			
Sí tiene uniforme (P<0.0001)	4.00 ± 13.86 ^C	32.00± 11.66 ^B	64.00 ± 8.49 ^A
Estado del uniforme (P<0.0001)	2.00 ± 14.00 ^B	44.00± 10.58 ^A	54.00 ± 9.59 ^A
Limpieza (P<0.0001)	3.92 ± 13.72 ^B	43.14± 10.56 ^A	52.94 ± 9.61 ^A
Limpieza de la sala de despacho			
Sí existe orden (P<0.0001)	4.00 ± 13.86 ^B	38.00± 11.14 ^A	58.00 ± 9.17 ^A
N° de muestras en área de superficie (P=0.0006)	10.00± 13.42 ^C	36.00± 11.31 ^B	54.00 ± 9.59 ^A
Limpieza del equipo			
Limpieza (P<.0001)	4.00 ± 13.86 ^B	38.00± 11.14 ^A	58.00 ± 9.17 ^A
Área de servicio			
Limpieza (P<0.0001)	2.00 ± 14.00 ^B	18.00± 12.81 ^B	80.00 ± 6.32 ^A
Zona de autoservicio			
Limpieza (P=0.0007)	---	26.00± 12.71 ^B	74.00 ± 7.21 ^A
Presencia de cadena de frío (P= 0.0060)	12.00± 13.27 ^B	44.00± 10.58 ^A	44.00± 10.58 ^A

Porcentajes con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente.

De acuerdo con los resultados mostrados en el Cuadro 14, el supermercado 5 cuenta en general con niveles de higiene buenos, con excepción del parámetro presencia de la cadena de frío, teniendo su mayor porcentaje en la categoría regular. Sin embargo, los niveles con los que cuenta están dentro de lo permitido por la normatividad. Respecto al resto de los parámetros no se tuvieron registros de presencia en la categoría malo.

Los resultados de higiene fueron similares en algunos puntos con la investigación realizada por Lundén et al. (2014a) en Finlandia, donde encontraron que al menos 10 supermercados no cumplieron con los estándares requeridos para la venta de alimentos. En la presente investigación se reportan al menos dos supermercados que no cumplen con las medidas de higiene necesarias, igualmente en las áreas de manejo y empaquetado de cárnicos.

Cuadro 14. Niveles de higiene en diferentes áreas del supermercado 5.

Parámetros	Malo (%)	Regular (%)	Bueno (%)
Limpieza aledaña a la zona de servicio			
Limpieza (suelo, superficie) (P = 0.0022)	---	27.66±12.41 ^B	72.34 ± 7.67 ^A
Productos en cadena de frío (P <0.0001)	2.00 ± 14.00 ^B	54.00 ± 9.59 ^A	44.00 ± 10.58 ^A
Limpieza del empleado			
Sí tiene uniforme (P<0.0001)	---	12.77±13.63 ^B	87.23 ± 5.21 ^A
Estado del uniforme (P=0.3072)	---	42.55±11.06 ^A	57.45 ± 9.52 ^A
Limpieza (P=0.6617)	---	46.81±10.64 ^A	53.19 ± 9.98 ^A
Limpieza de la sala de despacho			
Sí existe orden (P=0.0579)	---	36.17±11.65 ^B	63.83 ± 8.77 ^A
N° de muestras en área de superficie (P=0.5171)	25.53±12.59 ^A	36.17±11.65 ^A	38.30 ± 11.46 ^A
Limpieza del equipo			
Limpieza (P=0.0131)	---	31.91±12.04 ^B	68.09 ± 8.24 ^A
Área de servicio			
Limpieza (P<0.0001)	---	19.15±13.12 ^B	80.85 ± 6.38 ^A
Zona de autoservicio			
Limpieza (P<0.0001)	2.13± 14.44 ^C	38.30±11.46 ^B	59.57 ± 9.27 ^A
Presencia de cadena de frío (P= 0.1270)	23.40±12.77 ^A	46.81±10.64 ^A	29.79 ± 12.22 ^A

Porcentajes con al menos una literal en común, son iguales estadísticamente.

En algunos de los supermercados de Texcoco, durante las evaluaciones, se encontraron problemas en los refrigeradores de autoservicio (Figura 3), además de las áreas ya mencionadas. En forma adicional, se encontraron productos cárnicos exhibidos (Figura 5) que salen de los parámetros permitidos por la NOM-194-SSA1-2004.



Figura 3. Refrigeradores de autoservicio con problemas de higiene por insectos y otros.

Considerando la importancia de los aspectos para mantener una calidad de los productos altamente perecederos, la higiene del equipo y los sitios de almacenamiento donde se manipulan los alimentos, juegan igualmente un papel de relevancia. En la investigación realizada por Casaburi, Piombino, Nychas, Villani, y Ercolini (2015) se muestran los tipos de bacterias que pueden presentarse en los cárnicos de los distintos métodos de empaque.

Lo anterior tiene relevancia en los niveles de higiene que se observaron en el supermercado 3 (Cuadro 12), para el parámetro de “productos en cadena de frío”, debido a que se observaron anaqueles con cúmulos de sangre procedente de los empaques (Figura 4). Lo anterior representa una fuente de inóculo importante para el posible crecimiento de bacterias, así como una mala imagen hacia el consumidor.

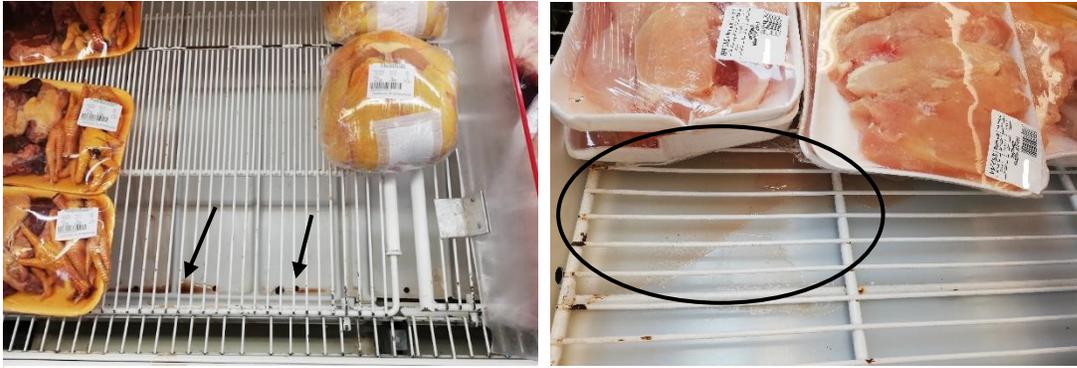


Figura 4. Anaqueles con falta de higiene por escurrimiento de sangre.



Figura 5. Productos cárnicos que no cumplen con la normatividad.

Por otro lado, de acuerdo con los parámetros relacionados con la higiene personal de los trabajadores y su área de trabajo, en general se detectaron buenos niveles de higiene. No obstante, esto puede representar un riesgo de contaminación cruzada, ya que se observaron trabajadores que no utilizaban red para el cabello y cubre-bocas, pudiendo esto ser por la falta de conocimiento o entrenamiento en la importancia de la inocuidad de los alimentos. De forma similar se presenta el fenómeno de falta de claridad de estos conceptos por parte de los consumidores, tal y como se reporta en la investigación realizada por Baş, Şafak, y Kivanç (2006); Carrasco, Morales-Rueda, y García-Gimeno (2012).

En otro estudio realizado por Baş et al. (2006) se reportaron los resultados de encuestas aplicadas a empleados de restaurantes sobre el conocimiento de buenas prácticas de higiene en el manejo de alimentos. Se observó que únicamente alrededor del 50% de los encuestados posee dicho conocimiento, con un mínimo de 31.8% en el parámetro de higiene personal.

Por otro lado, Gruenfeldova, Domijan, y Walsh (2019) encontraron que al menos el 28% del personal encuestado que manipula alimentos, no han recibido ninguna clase de entrenamiento en cuestiones de inocuidad de alimentos, representando un riesgo de contaminación cruzada. En contraste, un estudio similar se realizó con trabajadores de restaurantes en la ciudad de Taipei, Taiwan, donde la media de porcentajes de personas que poseen un conocimiento sobre buenas prácticas de higiene, es de al menos 78.6%, dichos restaurantes trabajan bajo un sistema HACCP (Ko, 2013). Porcentajes similares del conocimiento en diferentes cuestiones de inocuidad de productos alimenticios se reportaron en Suiza, Chicago Serbia, Grecia y Portugal con un 71% (Panchal, Bonhote, & Dworkin, 2013; Trends, Panchal, Liu, & Dworkin, 2012); el 76% para Austria (Pichler, Ziegler, Aldrian, & Allerberger, 2014); y Portugal con su valor más bajo del 55% (Gomes-Neves, Araújo, Ramos, & Cardoso, 2007).

Dentro de la industria alimentaria, se debe de cumplir con diferentes requisitos para la comercialización de los productos, como lo es la fecha de caducidad, en el caso de los productos altamente perecederos. El agregar la fecha límite de consumo, tiene el objetivo entre otros, de proporcionar información de utilidad al consumidor, así como minimizar los riesgos de una enfermedad transmitida por alimentos (ETA).

En la actualidad, estos datos deben ser incluidos en la etiqueta de forma obligatoria, como lo mencionan Leible, Orgies, y Schäfer (2015). No obstante, en el supermercado 1 se presentaron algunos casos en los que no se proporcionaba la fecha de caducidad, sino únicamente la fecha del empaquetado (Figura 6), lo cual puede llevar a que los productos no sean atractivos para su compra.



Figura 6. Productos cárnicos con falta de información al consumidor.

A lo largo de la cadena de frío, se presentan diferentes eslabones que pueden ser vulnerados, los cuales están reportados en países como Islandia, Finlandia, Eslovenia, España y Francia (Ndraha, Hsiao, Vlajic, Yang, & Lin, 2018). Por ejemplo, se confirman abusos en la gestión de la temperatura en diferentes tipos de carne en tiendas de venta al menudeo (Lundén, Vanhanen, Myllymäki, Laamenen, Kotilainen, & Hemminki, 2014b).

Estos abusos conllevan a indicar que el control de la temperatura en refrigeradores de autoservicio en supermercados, resulta ser un eslabón débil en la cadena de frío, especialmente durante verano por las altas temperaturas que se presentan en esta época del año.

Resultados similares a lo anterior fueron publicados en un estudio similar realizado por Baldera, Nieto, Valenzuela, Mariscal, y Martín-Olmedo (2016) en Granada, España, donde sus evaluaciones a distintos supermercados, mostraron que en la sección de carne fresca, al menos el 38.5% de los supermercados tuvieron anomalías en el control de temperatura durante el verano, con un máximo de 7.8 °C y 16.7% durante el invierno, con un máximo de 5.4 °C.

Lo anterior se confirma con el Cuadro 6 de la presente investigación, reportando el 40% de supermercados con problemas de cadena de frío en la posición frente del refrigerador. Sin embargo, a diferencia de Baldera et al (2016), los supermercados evaluados en este estudio mostraron fluctuaciones de temperatura durante todo el

año. Esto muestra que algunos de los supermercados en Texcoco, tienen graves problemas con sus sistemas de operación en la calibración y mantenimiento de sus refrigeradores, así como en la gestión de sus sistemas para monitorear la temperatura.

Es posible aseverar que, el punto de mayor relevancia para el incremento de temperatura por arriba de lo requerido para los productos cárnicos, es la probabilidad del crecimiento de bacterias responsables de las ETA, así como aumentar el desperdicio de alimentos, ocasionado por la rápida reducción de la vida de anaquel de los productos, lo cual fue observado por Bruckner, Albrecht, Petersen, y Kreyenschmidt (2012), incluso considerando sólo el género *Pseudomonas*.

De manera similar, Røssvoll et al. (2014) demostraron la rápida reducción de la vida de anaquel ocasionada por diferentes especies de bacterias, influenciadas por el aumento de la temperatura de almacenamiento, determinando el tiempo en días necesarios para ocasionar una intoxicación en humanos.

En conjunto con los microorganismos que provocan el deterioro de los alimentos, en la carne se encuentran sustancias como aminas biogénicas, las cuales debido a los excesos de temperatura, aumentan el deterioro de los productos, y producen cambios organolépticos, entre otros efectos adversos para la inocuidad (Visciano, Schirone, Tofalo, & Suzzi, 2012). Las fluctuaciones de temperatura suelen observarse en la venta al menudeo, debido a que se considera que en este punto se consume alrededor del 50% del total de la cadena de frío (James & James, 2014).

Por otro lado, Morelli, Noel, Rosset, y Poumeyrol (2012) sugieren que los abusos de temperatura pueden ser ocasionados por la falta de eficacia de los equipos de refrigeración en tiendas de autoservicio, contemplando que estos tienen diseños abiertos para su fácil acceso al público. Esto mismo fue encontrado por (Göransson et al., 2018). Los resultados de la presente investigación concuerdan con los datos obtenidos por Lundén et al. (2014a), mostrando que los diferentes supermercados tienen mayor enfoque en las cuestiones visibles de limpieza, dejando de lado las

cuestiones de control del equipo de refrigeración, en donde se presentan excesos de temperatura, que no son reportados en la base de datos de las empresas de ventas al menudeo.

Además de las cuestiones de inocuidad en los productos cárnicos, toma importancia la calidad de los alimentos que se ofrecen al público. Zhu, Li, Wang, y Jiao (2019) mencionan el porcentaje de pérdida por goteo que alcanza la carne sometida a diferentes temperaturas. Lo anterior es relevante por la reducción de nutrientes en la carne, ocasionado por el escurrimiento de la sangre, signo común por la ruptura de la cadena de frío, lo cual lleva a una reducción de aceptación por parte del consumidor final. La investigación realizada por Ovca y Jevšnik (2009) confirma que socialmente es más aceptable un producto alimenticio vendido por una empresa que otorga la seguridad que ha conservado en forma apropiada la cadena de frío, asegurando así la inocuidad del producto.

Este fenómeno se observó claramente (Figura 7) en los productos ofertados por algunos supermercados que no lograron mantener la cadena de frío. Sumado a la pérdida de calidad nutritiva, también resulta afectada la información proporcionada en la etiqueta del producto, ya que la sangre perdida, deslavaba la tinta.



Figura 7. Productos cárnicos con presencia de pérdida por goteo.

Adicionalmente, la falta de información observada en los supermercados resulta ser uno de los puntos clave de rechazo por parte del consumidor final, lo que representa un reto para la industria alimenticia, en términos de proporcionar la mayor cantidad

y calidad en los datos del etiquetado. Alternativas como el código de barras son los más empleados; sin embargo, esto no cumple con las altas demandas del consumidor. Recientemente se busca implementar códigos QR, con información del lugar de producción, la empresa, y el mantenimiento de la cadena de frío. Esto resulta ser de ayuda, tanto para encargados de supermercados como para los consumidores (Peng et al., 2018).

En busca de mejorar el manejo de cadena de frío en los supermercados, se requieren acciones inmediatas en las calibraciones de equipos de refrigeración y sistemas para monitorear la temperatura. Thakur y Forås (2015) reportaron la posibilidad de utilizar servicios de información de códigos electrónicos de productos (EPCIS), con ayuda de identificadores de radiofrecuencia (RFID) para innovar los métodos de supervisión y trazabilidad de productos cárnicos durante el transporte. Con estos sistemas es factible proporcionar información sobre la temperatura ambiental y de la carne, tanto en la superficie como en el centro de los cortes de carne en tiempo real, pudiendo ser una herramienta para el monitoreo en supermercados.

3.6 Conclusiones

Algunos de los supermercados evaluados, no están cumpliendo con los lineamientos establecidos por las leyes pertinentes, comprometiendo la inocuidad de los productos cárnicos a la venta. Esto se traduce en un posible riesgo de ETA's para los consumidores y un aumento del desperdicio de alimentos, debido a que se ve afectada la vida de anaquel.

El problema puede ser ocasionado por diversos factores, se pueden indicar algunos factores que pueden estar incidiendo, entre otros se pueden mencionar los siguientes: falta del conocimiento de sistemas para monitorear la temperatura en forma eficiente, el empleo de equipos de supervisión erróneamente calibrados, uso de refrigeradores incapaces de proporcionar la temperatura adecuada para productos cárnicos, la posible carencia de información por parte de los encargados de los supermercados, la carencia de información oportuna para mantener la

cadena de frío; así como la falta de rigidez de las autoridades encargadas de verificar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas. En este estudio es claro que, en la mayoría de los establecimientos, la falta de supervisión adecuada en la continuidad de la cadena de frío, así como una vigilancia insuficiente por parte de las autoridades correspondientes, tienen un impacto directo para no tener un cumplimiento adecuado de la normatividad vigente.

Por otro lado, se encontraron claras deficiencias en las buenas prácticas de higiene en el manejo de alimentos cárnicos en algunos establecimientos. De la misma manera, se puede deber a la falta de entrenamiento al personal de trabajo sobre los riesgos que representa una contaminación cruzada y su significado.

3.7 Recomendaciones

Se requiere un mejor control por parte de las autoridades correspondientes para verificar que el personal cuente con el conocimiento necesario al manipular los productos cárnicos bajo las condiciones necesarias.

Con el fin de mejorar la salud pública en la ciudad en estudio, se requieren las medidas necesarias de forma inmediata por parte del personal encargado de los supermercados donde se presentan dichos problemas. Se puede iniciar con un programa realista de entrenamiento de su personal en cuestiones de buenas prácticas de higiene, así como la concientización de la necesidad que esto representa.

Gestionar un sistema para monitorear la temperatura vigente, de acuerdo con las necesidades de dimensiones y volumen de productos de la empresa, con el fin de preservar la inocuidad y calidad de los alimentos al eslabón inmediato dentro de la cadena de suministro, que es el consumidor final.

Con base en la investigación realizada, se encuentra que, a pesar del corto alcance del experimento, México aún requiere de mayor investigación en temas de calidad e inocuidad de alimentos, así como el empleo de las mejoras en toda la cadena de producción alimentaria.

3.8 Literatura citada

- Baldera, Z. B., Nieto, J. M., Valenzuela, C. M. T., Mariscal, A. J. L., & Martin-Olmedo, P. (2016). Effectiveness of the cold chain control procedure in the retail sector in Southern Spain. *Food Control*, 59, 614–618. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.046>
- Baş, M., Şafak, E. A., & Kivanç, G. (2006). The evaluation of food hygiene knowledge, attitudes, and practices of food handlers' in food businesses in turkey. *Food Control*, 17, 317–322. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.11.006>
- Bruckner, S., Albrecht, A., Petersen, B., & Kreyenschmidt, J. (2012). Influence of cold chain interruptions on the shelf life of fresh pork and poultry. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8), 1639–1646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03014.x>
- Carrasco, E., Morales-Rueda, A., & García-Gimeno, R. M. (2012). Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: A review. *Food Research International*, 45(2), 545–556. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.004>
- Casaburi, A., Piombino, P., Nychas, G., Villani, F., & Ercolini, D. (2015). Bacterial populations and the volatile associated to meat spoilage. *Food Microbiology*, 45, 83–102. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.02.002>
- Gomes-Neves, E., Araújo, A. C., Ramos, E., & Cardoso, C. S. (2007). Food handling: Comparative analysis of general knowledge and practice in three relevant groups in Portugal. *Food Control*, 18(6), 707–712. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.03.005>
- Göransson, M., Nilsson, F., & Jevinger, Å. (2018). Temperature performance and food shelf-life accuracy in cold food supply chains – Insights from multiple field studies. *Food Control*, 86, 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.029>
- Gruenfeldova, J., Domijan, K., & Walsh, C. (2019). A study of food safety knowledge, practice and training among food handlers in Ireland. *Food Control*, 105, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.023>
- Hugas, M., & Beloeil, P. (2014). Controlling *Salmonella* along the food chain in the European Union - progress over the last ten years. *Eurosurveillance*, 19(19), 20804. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.19.20804>
- James, S. J., & James, C. (2014). Meat Marketing | Cold chain. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (Vol. 2, pp. 225–230). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00179-3>

- Jiménez, E. M., & Chaidez, Q. C. (2013). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México 2012. Retrieved July 18, 2019, from <http://www.fao.org/3/a-i3269s.pdf>
- Ko, W. (2013). The relationship among food safety knowledge , attitudes and self-reported HACCP practices in restaurant employees. *Food Control*, 29(1), 192–197. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.076>
- Leible, S., Ortgies, F., & Schäfer, S. (2015). Etiquetado de productos y denominación de origen. In B. Petersen, M. Nüssel, M. Hamer, E. Maldonado, C. J. . Altamirano, H. P. . Martínez, & A. . Valdivia (Eds.), *Gestión de la calidad y riesgos en las cadenas agroalimentarias* (Primera ed, pp. 68–71). Texcoco de Mora: Editorial del Colegio de Posgraduados. Retrieved from https://www.elsotano.com/libro/gestion-de-la-calidad-y-riesgos-en-las-cadenas-agroalimentarias-pd_10479352
- Lundén, J., Vanhanen, V., Kotilainen, K., & Hemminki, K. (2014a). Retail food stores' internet-based own-check databank records and health officers' on-site inspection results for cleanliness and food holding temperatures reveal inconsistencies. *Food Control*, 35(1), 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.050>
- Lundén, J., Vanhanen, V., Myllymäki, T., Laamanen, E., Kotilainen, K., & Hemminki, K. (2014b). Temperature control efficacy of retail refrigeration equipment. *Food Control*, 45, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.041>
- Maldonado, S. E., & Martínez, H. P. A. (2015). Importancia de la inocuidad alimentaria en México. In B. Petersen, M. Nüssel, M. Hamer, S. E. Maldonado, H. P. Martínez, & A. R. Valdivia (Eds.), *Gestión de la calidad y riesgos en las cadenas agroalimentarias* (Primera ed, pp. 346–347). Texcoco de Mora: Editorial del Colegio de Posgraduados. Retrieved from <https://www.gandhi.com.mx/gestion-de-la-calidad-y-riesgos-en-las-cadenas-agroalimentarias>
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Uysal, I. (2017). Time-temperature management along the food cold chain: A review of recent developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 647–667. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269>
- Morelli, E., Noel, V., Rosset, P., & Poumeyrol, G. (2012). Performance and conditions of use of refrigerated display cabinets among producer/ vendors of foodstuffs. *Food Control*, 26(2), 363–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.002>
- Ndraha, N., Hsiao, H., Vlajic, J., Yang, M., & Lin, H. V. (2018). Time-temperature abuse in the food cold chain: Review of issues, challenges, and recommendations. *Food Control*, 89, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.027>

- Ovca, A., & Jevšnik, M. (2009). Maintaining a cold chain from purchase to the home and at home: Consumer opinions. *Food Control*, 20, 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.03.010>
- Panchal, P. K., Bonhote, P., & Dworkin, M. S. (2013). Food safety knowledge among restaurant food handlers in Neuchâtel, Switzerland. *Food Protection Trends*, 33(3), 133–144. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/287613110_Food_safety_knowledge_among_restaurant_food_handlers_in_Neuchatel_Switzerland
- Panel, E., & Biohaz, H. (2014). Scientific opinion on the public health risks related to the maintenance of the cold chain during storage and transport of meat. Part 1 (Meat of domestic ungulates). *EFSA Journal*, 12(3), 1–81. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3601>
- Peng, Y., Zhang, L., Song, Z., Yan, J., Li, X., & Li, Z. (2018). A QR code based tracing method for fresh pork quality in cold chain. *Journal of Food Process Engineering*, 41(4), e12685. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12685>
- Pichler, J., Ziegler, J., Aldrian, U., & Allerberger, F. (2014). Evaluating levels of knowledge on food safety among food handlers from restaurants and various catering businesses in Vienna, Austria 2011/2012. *Food Control*, 35(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.034>
- Reid, R., Fanning, S., Whyte, P., Kerry, J., Lindqvist, R., Yu, Z., & Bolton, D. (2017). The microbiology of beef carcasses and primals during chilling and commercial storage. *Food Microbiology*, 61, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.08.003>
- Røssvoll, E., Thorsen, H., Einar, P., Møretrø, T., Røine, M., & Langsrud, S. (2014). Toxin production and growth of pathogens subjected to temperature fluctuations simulating consumer handling of cold cuts. *International Journal of Food Microbiology*, 185, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.020>
- Stojanović-Radić, Z., Pejčić, M., Joković, N., Jokanović, M., Ivić, M., Šojić, B., ... & Mihajilov-Krstev, T. (2018). Inhibition of *Salmonella* enteritidis growth and storage stability in chicken meat treated with basil and rosemary essential oils alone or in combination. *Food Control*, 90, 332–343. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.013>
- Thakur, M., & Forås, E. (2015). EPCIS based online temperature monitoring and traceability in a cold meat chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.07.006>
- Trends, F. P., Panchal, P. K., Liu, L. I., & Dworkin, M. S. (2012). Food safety knowledge is lower among spanish- speaking than among english- speaking restaurant food handlers in Chicago. *Food Protection Trends*, 32(1), 16–25. Retrieved from <http://ieha.coffeecup.com/Documents/Dworkin.pdf>

- Visciano, P., Schirone, M., Tofalo, R., & Suzzi, G. (2012). Biogenic amines in raw and processed seafood. *Frontiers in Microbiology*, 3(188), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00188>
- Zhu, Y., Li, F., Wang, J. T. T., & Jiao, Y. (2019). Effects of radio frequency , air and water tempering , and different end-point tempering temperatures on pork quality. *Journal of Food Process Engineering*, e13026, 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13026>