

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**



**DETERMINACION DE VIDA DE ANAQUEL
DE CARNE FRESCA DE CERDO
EMPACADA EN ATMOSFERA MODIFICADA**

CLAUDIA ROSARIO MENCHU ROSAL DE SALAZAR

NUTRICIONISTA

Guatemala, mayo de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a cross at the top, a castle on the left, and a lion on the right. Below the shield are two figures, one on the left and one on the right, holding a banner. The banner contains the words 'PLUS' and 'ULTRA'. The outer ring of the seal contains the Latin motto 'SICUT CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA CONCORDIA MATENSIS INTER'.

**DETERMINACION DE VIDA DE ANAQUEL
DE CARNE FRESCA DE CERDO
EMPACADA EN ATMOSFERA MODIFICADA**

Informe de Tesis

Presentado por

CLAUDIA ROSARIO MENCHU ROSAL DE SALAZAR

Para optar al título de
Nutricionista

Guatemala, mayo de 2005.

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

MSc. GERARDO LEONEL ARROYO CATALAN	DECANO
LICDA. JANNETTE SANDOVAL MADRID DE CARDONA	SECRETARIA
LICDA. GLORIA ELIZABETH NAVAS ESCOBEDO	VOCAL I
LIC. LILIANA VIDES DE URÍZAR	VOCAL II
LICDA. BEATRIZ EUGENIA BATRES DE JIMENEZ	VOCAL III
BR. ROBERTO JOSÉ GARNICA MARROQUÍN	VOCAL IV
BR. RODRIGO JOSÉ VARGAS ROSALES	VOCAL V

ACTO A QUE DEDICO

A DIOS

A MARIA AUXILIADORA

A MIS PADRES

Desiderio Menchú Escobar, Estela Rosal Delgado de Menchú

Con todo mi amor.

A MIS HERMANOS

Juan Rafael, José David, Edgar Desiderio, Dalia Estela y Douglas Genaro

Con todo mi amor.

A MIS SOBRINOS

Laura Sofía , José Fernando

Con todo mi amor.

A MI ESPOSO

Rogelio Giovanni Salazar Donis

Con todo mi amor.

A MIS SUEGROS

Rogelio Salazar Barrera, Paula Donis de Salazar

Con todo mi cariño.

A MIS CUÑADOS

Iván Salazar, Sandra Salazar, Misael Salazar

Con todo mi cariño.

A MIS TIAS

María Engracia Menchú Escobar, María Teresa Menchú Escobar Con todo mi cariño.

A MI INSEPARABLE AMIGA

Teresa De Jesús Gutiérrez Rodas
Con todo mi cariño.

A MIS AMIGAS

Maybely Hernández , Karin Medrano, Cecilia Morales, Clara Gómez, Miriam Alvarado, Aida Barrera, Sor Rosa Enilda López, Sara Linares, Verónica Vásquez, Gloria Samayoa, Iris Rodríguez, Karla Rodas, Gladys Miranda, Lilian Azurdia, Miriam Perén,
Con todo mi cariño

A MIS AMIGOS

Sergio Rodas, Mynor Carrillo, Byron Tzoc, Erick Samayoa
Con todo mi cariño.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente le agradezco a la Licda. Julieta Salazar de Ariza, por su amistad, apoyo y valiosa asesoría.

Así también le expreso mi sincero agradecimiento a:

Dr. José Pablo Molina, por su valioso apoyo y colaboración

Lic. Sergio Molina, por su amistad, apoyo y colaboración.

Lic. Federico Nave, por su valioso apoyo y asesoría.

Licda. Karin Herrera, por su apoyo y asesoría

Ing. Efrén Mauricio Menchú Vásquez, por su apoyo y asesoría.

Productos del Aire de Guatemala, S.A., por su valioso apoyo.

Lic. Julio César Ac, por su amistad y apoyo incondicional.

Personal de Secretaría de la Facultad de CC.QQ. y Farmacia en especial a Zoily Fernández.

Personal de Secretaría de la Escuela de Nutrición, en especial a Lucía Cajas y Miriam Jolóm.

Personal de Biblioteca de la Facultad De Ciencias Químicas y Farmacia, en especial a Luis Solís y Lila Carrillo.

Personal de Biblioteca del INCAP, especialmente a Carolina Betancourt.

INDICE

I.	RESUMEN	01
II.	INTRODUCCIÓN	02
III.	ANTECEDENTES	04
A.	Vida de anaquel	04
1.	Definición	04
2.	Importancia	05
3.	Factores que determinan la vida de anaquel	05
4.	Metodologías utilizadas para determinar vida de anaquel	06
B.	Empaque en atmósferas modificadas (MAP)	10
1.	Definición	10
2.	Objetivos	12
3.	Efecto de los gases sobre los alimentos	13
4.	Gases utilizados en MAP	18
5.	Materiales de empaque en MAP	20
6.	Equipo necesario	26
7.	Controles necesarios	27
8.	Calidad microbiológica	29
9.	Ventajas	30
10.	Utilización de MAP en carnes	32
C.	Análisis Sensorial	38
1.	Definición	38
2.	Aplicaciones del análisis sensorial	39
3.	Tipos de pruebas sensoriales	40

D.	Carne y productos cárnicos	43
1.	Definiciones	43
2.	Clasificación de los productos cárnicos	44
3.	Microbiología de la carne	46
E.	Métodos utilizados en el control microbiológico de carne y productos cárnicos	51
F.	Criterios microbiológicos para carnes	53
G.	Conservación de carnes y productos cárnicos	54
IV.	JUSTIFICACIÓN	56
V.	OBJETIVOS	57
VI.	HIPÓTESIS	58
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS	59
VIII.	RESULTADOS	67
IX.	DISCUSION DE RESULTADOS	71
X.	CONCLUSIONES	74
XI.	RECOMENDACIONES	75
XII.	REFERENCIAS	76
XIII.	ANEXOS	84

I. RESUMEN

El empaque en atmósferas modificadas es una técnica que actualmente se está utilizando para responder a la necesidad de extender la vida útil de las carnes y otros productos alimenticios. Con el fin de desarrollar uno de los primeros estudios en Guatemala que aporte datos para aplicaciones futuras, se determinó la vida de anaquel de carne de cerdo empacada en atmósfera modificada (20% CO₂ y 80% N₂).

Para determinar la vida de anaquel de este producto se evaluó su calidad microbiológica y sensorial durante 13 días en refrigeración.

La evaluación microbiológica consistió en Recuentos Totales de Bacterias Aerobias y el análisis sensorial consistió en evaluar las características de olor, color y textura del producto crudo por medio de una Prueba de Comparación Pareada, realizada por jueces entrenados.

Todos los resultados microbiológicos estuvieron dentro de los límites normales, aunque en el día 4 de almacenamiento hubo un total de bacterias significativamente mayor que en el día 0.

La evaluación sensorial indicó que no hay diferencia significativa en olor, color y textura de las muestras, durante 13 días.

Con los resultados obtenidos en este estudio se determinó que la vida de anaquel de carne de cerdo empacada en atmósfera modificada con una mezcla gaseosa compuesta por 20% CO₂ y 80% N₂, es mayor a 13 días.

II. INTRODUCCIÓN

Generalmente, transcurre un período de tiempo entre la obtención de los productos alimenticios y su consumo, por lo que es necesario utilizar algún método para preservarlos.

Los métodos de conservación de alimentos tienen como objetivo asegurar que los productos alimenticios mantengan su calidad durante un tiempo determinado; es decir, que su consumo no represente un riesgo para la salud, que conserve su valor nutritivo y sus características sensoriales.

El término vida útil o vida de anaquel de un alimento se refiere al período de tiempo durante el cual, bajo condiciones de almacenamiento previamente establecidas, un alimento mantiene sus características sensoriales y nutricionales aceptables para el consumidor.

Actualmente, la industria alimentaria cuenta con distintas metodologías de conservación de alimentos para prolongar la vida útil de los mismos. La tecnología del *Empaque en Atmósferas Modificadas o Protectivas (Modified Atmosphere Packaging -M.A.P.-)* es un procedimiento en el cual los productos alimenticios son envasados en una atmósfera distinta a la natural, la cual está constituida por una mezcla de gases en distintas proporciones (principalmente, oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico). Esta tecnología se está utilizando en algunos países observándose que en comparación con procedimientos tradicionales, ofrece algunas ventajas tales como prolongación significativa de la vida de anaquel y mantenimiento de las características sensoriales de los alimentos. Además, ofrece un empaque seguro que garantiza la calidad del producto y una presentación atractiva. En Guatemala aún no se ha aplicado esta

tecnología, por lo que aún no existe experiencia de cómo incorporar la misma en el empaque de los productos.

Con base en lo anterior se desarrolló el presente estudio con el objetivo de determinar el tiempo de vida de anaquel de productos cárnicos empacados en atmósfera modificada, así como el impacto de esta tecnología en las características organolépticas. Esto permitirá documentar científicamente los usos de las atmósferas modificadas en Guatemala.

III. ANTECEDENTES

A. Vida de anaquel

1. Definición

El término vida de anaquel se ha definido como el “tiempo durante el cual un producto, generalmente envasado, permanecerá en buenas condiciones para ser vendido y consumido” (54). Se le ha definido también como el período de tiempo en el que un alimento, almacenado bajo condiciones óptimas preestablecidas, mantiene sus características organolépticas y nutricionales aceptables para el consumidor (4, 49).

Es importante diferenciar este término de otro similar conocido como “fecha de caducidad”, éste se define como la fecha límite en que se considera que un producto preenvasado, almacenado en las condiciones sugeridas por el fabricante, presenta las características sanitarias que debe reunir para su consumo. Después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse (54).

El término “vida de anaquel” es un período de tiempo, mientras que “fecha de caducidad” es una fecha específica; es decir, la vida de anaquel de un producto en general determinará la fecha de caducidad de una muestra específica de ese producto (54).

Cabe mencionar que los términos vida útil y vida en estante (shelf life) son sinónimos del término vida de anaquel (4).

2. Importancia

El conocer la vida de anaquel de un alimento o producto alimenticio es de suma importancia tanto para el fabricante como para el consumidor. Al fabricante, le permite garantizar la satisfacción del consumidor respecto a su producto, si el mismo es consumido antes de la fecha que indica el final de su vida de anaquel; de este modo pueden disminuirse el número de reclamos.

Al consumidor, la vida de anaquel le garantiza un nivel aceptable en la calidad del producto ya sea en el momento de su compra o de su consumo. Además, le indica el momento a partir del cual el producto puede presentar un deterioro de su calidad (4, 43).

3. Factores que determinan la vida de anaquel

La calidad de los productos alimenticios es afectada por una diversidad de factores que determinarán su vida útil; ésto se debe a que los alimentos sufren un proceso de degradación natural que puede ser física, biológica o química o una combinación de las mismas. Esta degradación no solamente acorta la vida de anaquel sino que en muchos casos afectará su valor nutritivo (49).

Los principales factores que afectan la calidad de un producto alimenticio, así como su vida de anaquel, son: temperatura, humedad, concentración de oxígeno y luz. También existen factores de procesamiento y de empaque. Todos estos factores interactúan y pueden acelerar o disminuir los procesos de degradación, las reacciones físico-químicas, el crecimiento y la

actividad microbiana, la actividad enzimática, la rancidez (oxidación lipídica), la degradación de vitaminas y los cambios en características organolépticas (4, 49).

En conclusión, la vida de anaquel de un producto depende de su formulación, de la naturaleza química de sus componentes, del tipo de procesamiento, del tipo de envasado y de las condiciones de almacenamiento. Es importante tomar en cuenta que, a pesar de que estos factores son determinantes, su influencia dependerá de cuán perecedero es el producto (3). Por ejemplo, un alimento perecedero almacenado en refrigeración tiene una vida de anaquel menor a catorce días, debido a reacciones enzimáticas, químicas y al deterioro microbiológico. Sin embargo, actualmente, se han desarrollado nuevas tecnologías como el empaque en atmósferas modificadas (M.A.P) que permiten extender la vida de anaquel de estos mismos productos hasta aproximadamente 90 días (3).

4. Metodologías utilizadas para determinar Vida de Anaquel

Antes de realizar un estudio para determinar la vida de anaquel de un producto alimenticio es muy importante tomar en cuenta lo siguiente:

a) Identificar las formas de deterioro que afectan su calidad – Los alimentos, independientemente si son de origen vegetal o animal están sujetos a procesos fisiológicos y bioquímicos que determinan su calidad. Estos sistemas son complejos debido a su composición química, física y biológica; consecuentemente, el conocimiento y control de estos procesos es muy importante para conservar las características de calidad, es decir, de aceptabilidad e inocuidad (4, 27).

Además, se ha recomendado que para comprender profundamente los procesos implicados debe tomarse en cuenta:

i. La velocidad de las reacciones de deterioro. Se debe tomar en cuenta el orden de las reacciones, la temperatura (Q_{10}), la energía de activación de la reacción, efectos de la humedad (a_w), la tensión del oxígeno y el pH.

ii. Los cambios organolépticos que ocurren durante el deterioro de los alimentos (4).

b) Establecer las formas de medición de los cambios provocados por el deterioro.

c) Definir los niveles de calidad que se consideran mínimos para su aceptación (4).

Debe aclararse que no es posible determinar o predecir la vida de anaquel exacta de cualquier producto alimenticio tomando en cuenta que no se tiene disponible información sobre las condiciones ambientales a las que es expuesto durante su distribución. A pesar de ello, y debido a que actualmente se dispone de más información sobre su composición, de los cambios que sufre durante el procesamiento y de las técnicas de empaque, se han desarrollado algunas metodologías con este fin, unas más sencillas que otras. Las más complicadas utilizan modelos matemáticos muy complejos, por lo que se han diseñado programas de computación para facilitar su aplicación (3).

Usualmente se utilizan dos metodologías para determinar la vida de anaquel de los productos alimenticios: la primera consiste en elegir una condición de abuso a la que se expone el producto estudiado y evaluarlo varias veces

durante un período de tiempo establecido, por medio de análisis sensorial. Además, puede realizarse pruebas fisicoquímicas. Posteriormente, se extrapolan los resultados a condiciones normales de almacenamiento.

La segunda utiliza un diseño más elaborado que se basa en asumir que ciertos principios de cinética química se aplican respecto a una dependencia de la temperatura. Esta metodología es menos utilizada debido a su complejidad, sin embargo, permite obtener mejores resultados (4).

En los laboratorios de control de calidad se realizan estudios de vida de anaquel utilizando un procedimiento denominado “prueba de vida de anaquel acelerada”. Este procedimiento consiste en someter el producto en estudio a temperaturas de incubación elevadas para acelerar los cambios físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos que pudiesen ocurrir luego de un tiempo en el anaquel. Se realizan evaluaciones periódicas determinando los cambios ocurridos por medio de ensayos analíticos hasta alcanzar el final de la vida del producto y luego se concluye con estos resultados. Para evaluar qué tiempo se puede extrapolar cada semana, bajo condiciones de almacenamiento a elevada temperatura, a condiciones normales de temperatura ambiente (15°C y 30°C) y ambiente seco (no más de 65% de humedad relativa); se considera el tipo de producto y la forma de deterioro. Para cada cambio bioquímico o químico, se ha investigado la aceleración de su reacción al incrementar la temperatura 10°C, a este valor se le denomina Q_{10} . Este valor se obtiene al dividir el tiempo de estabilidad de los productos a temperatura ambiente entre el tiempo que permanecen estables incubados 10°C más arriba. Por ejemplo, se tiene el caso de un producto que presenta factibilidad de rancidez y se conoce que su estabilidad es de 20 semanas a 20°C y de 10 semanas a 30°C, se calcula el valor $Q_{10} = 20/10$ obteniendo un valor de 2. Este valor se interpreta de la siguiente manera: por cada 10°C de incremento de la temperatura del producto, éste

permanecerá estable a temperatura ambiente dos veces el tiempo que dure en incubación (3).

En la práctica, los estudios de este tipo se realizan a una temperatura entre 37°C y 40°C y en el caso de que el producto sea muy estable, se utiliza una temperatura de 55°C. Para establecer la frecuencia de las evaluaciones se debe realizar un estudio inicial y tomar en cuenta la velocidad de los cambios que el producto pueda presentar. Los análisis microbiológicos y sensoriales para determinar cambios en características organolépticas, no son útiles para extrapolar el tiempo de incubación a elevada temperatura respecto al tiempo de vida útil a temperatura ambiente; sin embargo, permiten decidir el momento en el que finaliza el estudio (3).

Para establecer el momento en el cual termina la vida de anaquel se realizan análisis microbiológicos y sensoriales (cambios en olor, sabor, color, textura) (3, 43).

Antes de realizar un estudio de este tipo es recomendable realizar una planificación considerando los recursos disponibles para optimizar su utilización y así obtener mejores resultados. Deberá determinarse la cantidad de muestras requeridas, considerando que para realizar cada evaluación se deberá abrir un nuevo envase; además es muy importante programar las fechas en las que se evaluará el producto, tomando en cuenta solamente los días hábiles. Deberán establecerse los parámetros a evaluar y seleccionar el análisis sensorial que se realizará. Es importante señalar que para que el estudio sea representativo, el empaque del producto debe ser el mismo con el que se expenderá (3, 43).

B. Empaque en atmósferas modificadas (MAP)

1. Definición

La tecnología de Empaque en Atmósfera Modificada ó Protectora M.A.P. (Modified Protective Atmosphere Packaging) ha sido definida como la “infraestructura que permite empacar la unidad de consumo de un alimento, en una mezcla de gases en diferentes proporciones a las existentes en el aire (atmósfera no modificada)” (50, 51).

La mezcla de gases incluye: oxígeno, nitrógeno y anhídrido carbónico pero también, puede tener argón, helio y protóxido de nitrógeno (1).

Este sistema de conservación se basa en empacar alimentos en una atmósfera distinta a la del aire, generalmente disminuyendo la concentración de oxígeno y aumentando la de otro gas como el nitrógeno o dióxido de carbono; ésto con el fin de disminuir el crecimiento microbiano y reducir de forma progresiva la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas propias del producto, tales como la respiración y el pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas. Además, reduce las pérdidas de vitaminas y minerales (1, 10, 33, 35, 36, 50, 51).

Algunas atmósferas modificadas son empleadas solamente para inhibir la oxidación, otras por su efecto bactericida o bacteriostático (35).

La atmósfera modificada se ha clasificado de acuerdo a diferentes aspectos:

a) Por la acción que la atmósfera modificada ejerce sobre el producto se han diferenciado dos tipos:

i. **Atmósfera Protectora.** Es creada con una mezcla de gases que evita el deterioro físico o mecánico del producto.

ii. **Atmósfera Conservadora.** Es creada con una mezcla de gases que aumenta la vida de almacenamiento debido a la ausencia de algún gas que normalmente está en el aire.

b) Por la tolerancia de la mezcla de gases utilizada, se tienen dos tipos de atmósferas:

i. **Atmósfera Controlada.** Es utilizada en los casos en los que el producto exige una tolerancia máxima de la mezcla de gases de un 0.5% y condiciones específicas de temperatura y humedad, con el fin de conservar sus características.

ii. **Atmósfera No Controlada.** Es utilizada cuando el producto se conserva aún a una tolerancia de mezcla de gases de un 10% ó sin mezcla especial de gases ni ajuste de humedad y temperatura.

c) Por los cambios que pueden ocurrir post-empaque durante el período de vigencia del producto, se clasifican en:

i. **Atmósfera Activa.** Se le define como la voluntaria y controlada sustitución del aire con una mezcla gaseosa de composición definida.

ii. **Atmósfera Pasiva.** Se refieren a las modificaciones en la atmósfera que son consecuencia de las reacciones propias del metabolismo del

producto, como la respiración o debido a la permeabilización de los gases a través del empaque. (1, 50, 67).

2. Objetivos

El objetivo del empaque en atmósferas modificadas es preservar la calidad de los productos alimenticios, retardando los procesos químicos y biológicos que causan su perecimiento y deterioro, lo que significa prolongar su vida de anaquel. Sin embargo, en algunos casos en que este tipo de empaque no garantiza una mayor vida de anaquel, se pueden utilizar con el único fin de conservar sus características organolépticas (1, 49, 51, 65, 66).

Es importante mencionar que el uso del empaque en atmósfera modificada no debe considerarse como un medio para mejorar las cualidades de un producto alimentario próximo a perder su vigencia, sino como un proceso tecnológico de soporte que únicamente unida a otras intervenciones tales como refrigeración, control higiénico, etc. permitirán alcanzar los efectos deseados. (1).

Para comprender la forma en que opera la atmósfera modificada se debe considerar que el alimento interactúa con el ambiente que lo rodea. Estas interacciones pueden ser de naturaleza microbiológica (posible multiplicación de microorganismos presentes) y de naturaleza fisicoquímica (estabilidad y funcionalidad de importantes componentes del alimento como proteínas, lípidos, pigmentos, enzimas, etc.) (1).

3. Efecto de los gases sobre los alimentos

La atmósfera normal está constituida por aire el cual está compuesto por aproximadamente 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y un 1% conformado por gases menores incluyendo menos del 0.05% de dióxido de carbono (50, 51).

El oxígeno juega un papel importante en el deterioro de los alimentos ya que es el principal causante de oxidación. La oxidación es un proceso en el cual los componentes químicos orgánicos e inorgánicos de los alimentos reaccionan con el oxígeno del aire produciendo otros compuestos que originan cambios en sus características organolépticas y en el valor nutritivo. Ejemplos de estas reacciones son la rancidez de las grasas, cambios de color, destrucción de vitaminas y degradación de proteínas (49).

Además, la mayoría de los microorganismos contaminantes que causan daño a los alimentos, tales como hongos que crecen en su superficie, bacterias acidófilas, fermentadoras y enturbiantes, son del tipo aeróbico; es decir, que requieren oxígeno para su multiplicación(42, 50, 51).

El cuadro No.1 muestra el efecto de diferentes gases sobre reacciones propias de productos alimenticios (50, 51).

CUADRO No.1
EFFECTO DE DISTINTOS GASES SOBRE LOS ALIMENTOS

GAS	EFFECTO
Dióxido de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe la respiración vegetal. • Acidifica los líquidos tisulares. • Desnaturaliza algunas proteínas. • Inhibe hormonas vegetales de crecimiento. • Inhibe hidrólisis de pectina previniendo la fluidificación. • Disminuye la velocidad de putrefacción de algunos vegetales. • Reduce el daño tisular debido a bajas temperaturas de congelación.
Oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> • Oxigena la mioglobina intensificando el color rojo de la carne. • Activa la oxidación química y enzimática. • Activa el proceso de degradación del beta caroteno. • Constituye el sustrato para la respiración de las células vegetales y microbianas.
Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe algunas proteasas (enzimas que hidrolizan proteínas) • Inhibe algunas lipasas (enzimas que hidrolizan lípidos, produciendo rancidez). • Inhibe algunas carboxilasas (enzimas respiratorias) • Preserva la nitrosamioglobina (pigmento rosado de las carnes procesadas).
Argón	<ul style="list-style-type: none"> • Más soluble que el nitrógeno. • Compite con el oxígeno a nivel químico y enzimático debido a su similitud en solubilidad y tamaño molecular.

FUENTE: (51).

El dióxido de carbono tiene varios efectos positivos sobre los alimentos, por lo que se le utiliza en las atmósferas modificadas. Su principal atributo es la actividad bacteriostática que posee. Varios estudios realizados han demostrado que este gas inhibe el crecimiento de microorganismos Gram negativos, tiene un efecto reducido sobre los Gram positivos y la mayoría de los microorganismos del tipo anaeróbicos o microaerófilicos. Además, este gas se caracteriza por su solubilidad en distintos medios y su reactividad. En el Cuadro No. 2 se muestran los efectos del CO₂ sobre algunos microorganismos (30, 34, 35, 36,51).

El dióxido de carbono es soluble en agua, alcohol y grasas. Pero su solubilidad es definida por la temperatura en proporción inversa, de manera que la

temperatura de almacenamiento determina la efectividad del empaque en atmósfera modificada. Se debe considerar que la mayoría de los enlaces que éste gas forma con los componentes de los alimentos son lentamente reversibles. Así, después de que el empaque es abierto, el dióxido de carbono liberado por el producto empacado ejerce un efecto preservante residual, efectivo en un lapso determinado (51).

CUADRO No. 2
EFFECTOS DEL CO₂ SOBRE DIFERENTES MICROORGANISMOS

ESPECIE	NINGUN EFECTO	INHIBICIÓN COMPLETA	INHIBICIÓN PARCIAL	ESTIMULACIÓN
GRAMNEGATIVOS				
Acinetobacter spp.				
Aeromonas hydrophila				
Alteromonas spp.				
Campylobacter jejuni				
Enterobacter spp.				
Escherichia coli				
Moraxella spp.				
Proteus spp.				
Pseudomonas spp.				
Salmonella spp.				
Vibrio spp.				
Yersinia enterocolítica				
GRAMPOSITIVOS				
Bacillus spp.				
Brochotrix thermosphacta				
Clostridium botulinum				
Clostridium perfringens				
Enterococci spp.				
Corynebacterium spp.				
Lactobacillus spp.				
Leuconostoc spp.				
Listeria monocytogenes				
Staphylococcus aureus				
Streptococcus spp.				
Hongos				
Levaduras				

FUENTE: (51).

El efecto residual del dióxido de carbono se puede establecer mediante su solubilidad en un alimento empacado, de manera que se garantiza su integridad a largo plazo. Estudios recientes han demostrado que los alimentos en los que se solubiliza el dióxido de carbono, son los más indicados para empacarse en atmósferas anóxicas. En el cuadro No. 3 se muestra la solubilidad del dióxido de carbono en diferentes alimentos, la cual se define como la cantidad de volumen del gas (cm³) disperso por masa de alimento (g) por unidad de presión (bar), a 20°C (en unidades de cm³/g bar) (51).

El primer uso práctico de atmósferas modificadas conteniendo un alto nivel de dióxido de carbono como preservante en el manejo de carne fresca fue realizada en el transporte de carne de res congelada desde Australia y Nueva Zelanda a Gran Bretaña. A partir de esta fecha la carne continuó siendo embarcada en estas condiciones. En los últimos años, se ha incrementado la cantidad de carne y aves empacadas en atmósferas modificadas (60).

En la actualidad la utilización de esta tecnología se está extendiendo cada vez hasta los países latinoamericanos.

CUADRO No. 3
SOLUBILIDAD DEL DIÓXIDO DE CARBONO
EN DIVERSOS ALIMENTOS

PRODUCTO	SOLUBILIDAD (cm ³ /g bar)
• Queso parmesano	0.114
• Lasagna	0.622
• Otros quesos	0.636
• Salami	0.654
• Quesos blandos	0.756
• Carne roja	0.767
• Papa	0.852
• Pollo	0.981
• Queso azul	1.262
• Jamón cocido	1.285

FUENTE: (51).

Para optimizar el uso de los gases en este tipo de tecnología y obtener mejores resultados se debe conocer la naturaleza y las características del producto que se envasará; adicionalmente, se deberá comprender y considerar lo siguiente:

a) El deterioro del alimento en contacto con el aire, lo cual se refiere a los principales procesos microbiológicos, enzimáticos, químicos, etc., relacionados con el mismo.

b) La solubilidad del dióxido de carbono en el producto a diferentes temperaturas y cambios sensoriales asociados con esa disolución.

c) El comportamiento de la microbiota presente en la atmósfera que se utilizará, considerando el riesgo de la multiplicación de microorganismos anaerobios.

d) La permeabilidad de los materiales de empaque respecto a los gases utilizados, teniendo en cuenta la temperatura de conservación y la superficie total.

e) La hermeticidad del empaque que garantice la ausencia de microporos y defectos en el sellado.

f) La eficacia de la operación de empaque y de sustitución del aire; es decir, la utilización de equipo y maquinaria adecuados.

g) La evaluación de la composición de la atmósfera introducida y del oxígeno residual posterior al envasado (1, 51).

4. **Gases utilizados en empaque en atmósferas modificadas (MAP)**

Se ha definido el empaque en atmósfera modificada como el envasado del producto en un medio ambiente distinto al aire. Este puede incluir el empaque al vacío y el fluido de gases.

Comercialmente se utilizan tres gases: oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono, aunque también se han mencionado como posibles gases para empaque en atmósfera modificada de alimentos: trazas de monóxido de carbono, óxido nitroso y dióxido de azufre (26).

Los gases y sus concentraciones pueden ser adaptadas para cada producto individual, pero para casi todos los productos existe una combinación de dióxido de carbono (CO_2) oxígeno (O_2) y nitrógeno (N_2) (37).

El oxígeno (O_2) puede estimular el crecimiento de bacterias aeróbicas y puede inhibir el crecimiento de bacterias anaerobias estrictas, aunque puede haber una variación muy extensa en la sensibilidad de anaerobios al oxígeno. Una de las principales funciones del oxígeno en el empaque en atmósfera modificada de carnes es mantener la mioglobina en forma oxigenada, oximioglobina. Esta forma es la responsable del color rojo brillante que los consumidores asocian con la frescura de las carnes rojas. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que, a pesar de que inhibe el crecimiento de patógenos anaerobios, esto no necesariamente prolonga la vida útil del producto (28, 37, 45).

El nitrógeno (N_2) es un gas inerte e insípido que muestra pequeñas o ninguna actividad antimicrobiana propia. A causa de su baja solubilidad en agua, la presencia de N_2 en este tipo de empaque puede prevenir el colapso del empaque, fenómeno que puede producirse cuando se utilizan altas concentraciones de CO_2 . Además, el N_2 , por desplazamiento del O_2 en el

empaque, puede retardar la rancidez oxidativa y también inhibe el crecimiento de microorganismos anaeróbicos. El nitrógeno es utilizado como relleno del empaque, para reducir la concentración de otros gases en el empaque y/o guardar el empaque del colapso por el CO₂ disuelto dentro del producto (34, 33).

El dióxido de carbono (CO₂) es soluble en agua y lípidos y es principalmente responsable del efecto bacteriostático observado sobre el crecimiento de microorganismos en atmósferas modificadas. Los efectos de CO₂ sobre los microorganismos se han conocido desde hace varios años. Además, de su actividad bacteriostática también se conoce su efecto inhibitorio sobre productos de la respiración. Aunque no se conoce el mecanismo específico de este efecto bacteriostático, generalmente el efecto sobre los microorganismos es una extensión de la fase "lag" de crecimiento y una disminución en la velocidad de crecimiento durante la fase logarítmica.

Los efectos inhibitorios del CO₂ sobre los microorganismos en un medio de cultivo o en un alimento depende de muchos factores, tales como la presión parcial de CO₂, la concentración de CO₂, volumen de gas, temperatura, acidez, actividad de agua, el tipo de microorganismo, la fase de crecimiento microbiano y el medio de cultivo utilizado. Para obtener un máximo efecto antimicrobiano, la temperatura de almacenamiento de un producto con empaque en atmósfera modificada debe mantenerse lo más baja posible, porque la solubilidad del CO₂ decrece notablemente con el incremento de la temperatura. Por eso un inadecuado control de la temperatura suele eliminar los beneficios de una elevada concentración de CO₂ (28, 35, 36, 37, 45).

5. **Materiales de empaque en atmósferas modificadas (MAP)**

Dentro de los factores más importantes relacionados con el empaque se destacan la forma, el espacio de cabeza, la permeabilidad y la integridad. Los primeros dos factores afectan la cantidad de gas y el tiempo que el gas está disponible para la inhibición microbiana (37). Los empaques barrera con extenso espacio de cabeza pueden prolongar la vida útil (37).

Actualmente se encuentran disponibles varios filmes para empaque de productos frescos, sin embargo, son muy pocos los que se caracterizan por una permeabilidad adecuada a los gases, que permita su utilización en empaque en atmósferas modificadas (MAP).

Debido a los avances actuales en el diseño y manufactura de filmes poliméricos con una extensa gama de permeabilidad a los gases se ha despertado un interés especial en la creación y mantenimiento de las atmósferas modificadas por medio de empaques con filmes flexibles. (67).

Para elegir un film se debe tener en cuenta la permeabilidad que presente frente a los gases O_2 , CO_2 y N_2 , sus propiedades barrera frente a olores que pudiesen contaminar el producto (38).

Debido a que los gases atraviesan los materiales plásticos con una velocidad distinta para cada polímero, se les denomina “materiales barrera” a aquellos que poseen una baja permeabilidad a los gases. Generalmente se utilizan los términos “alta”, “media” y “baja” barrera, dependiendo de su permeabilidad. Existe un número limitado de polímeros con características de barrera cuyo precio es elevado, y en algunos casos no cumplen con las especificaciones requeridas para el empaque de alimentos. Por ello, actualmente,

se han diseñado estructuras multicapas que se combinan con técnicas como la laminación o co-extrusión de otros materiales (1, 51)

Mientras menos permeable sea el empaque, mayor tiempo permanecerá intacta la atmósfera que se guarda en su interior. Es muy importante considerar que la cantidad de gas que pasa a través de un empaque es inversamente proporcional a su grosor y directamente proporcional a su superficie. Por ello, para optimizar el empaque para una atmósfera modificada, debe tomarse en cuenta el grosor del material de empaque y la posibilidad de reducir la superficie necesaria para el intercambio gaseoso (51).

La permeabilidad de una barrera se define como el volumen de gas (cm^3) que atraviesa la unidad de área de barrera (m^2) en 24 horas en la unidad de presión (bar) a 20°C (en unidades de cm^3/m^2 24 h bar) (51).

En el cuadro No. 4 que se presenta a continuación puede observarse las diferencias de permeabilidad al oxígeno de diferentes materiales de empaque.

CUADRO No. 4

PERMEABILIDAD AL OXÍGENO DE ALGUNOS MATERIALES PLÁSTICOS

Material Plástico	Permeabilidad al O₂ Grosor 25 m (cm^3/m^2 24 h bar)
• Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	7000-8000
• Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	2800-3000
• Polipropileno (PP)	2300-3700
• Cloruro de Polivinilo Plastificado (PVC)	6000-9000
• Poliestireno (PS)	3800-5400
• Tereftalato de Poliestireno (PET)	45-90
• Poliamida 6 (PA 6)	20-40
• Poliamida 11 (PA 11)	500-1500
• Cloruro de Polivinilideno (PVDC)	12-100
• Copolímero Etileno Alcohol Vinílico (VEOH)	1-2
• Poliamida Aromática (MXD6)	1-2
• Poliacrilonitrilo (PAN)	7-12

FUENTE: (51).

Entre los filmes más utilizados para envasado en atmósfera modificada pueden mencionarse: polietileno (PE), poliamida (PA), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PV), policloruro de vinilideno (PVDC), copolímero etilenoacetato de vinilo (EVA), ionómeros, y combinaciones de algunos para optimizar sus propiedades individuales (38).

El policloruro de vinilo (PVC) en su forma no plastificada es la lámina base termoformable más utilizada para este fin debido a su capacidad de barrera frente a los gases y resistencia a grasas y aceites (38).

Existen otros filmes que no son muy utilizados en el empaque de atmósfera modificada, entre ellos, el poliestireno de alto impacto (HIPS), Barex TM, politereftalato de etilenglicol (PET), copolímeros de etileno-alcohol-vinílico (EVOH), polipropileno orientado coextruido (COPP), policarbonatos (PC), etc. Su uso se ha limitado debido a las tendencias actuales que se oponen al contacto de compuestos que contengan cloro con alimentos (38).

Encontrar filmes de un único componente que cumplan con todos los requisitos necesarios para este tipo de empaque, es muy difícil, por lo que se utilizan materiales multicapas formados por distintos polímeros y cada una de las capas posee características determinadas como permeabilidad al dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y al vapor de agua; características de soldabilidad, aptitud para el termoformado, resistencia a la punción, claridad, nivel de rigidez requerido, claridad, aptitud para adherirse a otros filmes, aptitud para admitir códigos y etiquetas, disponibilidad del film y costo por metro cuadrado (38).

El poliéster más utilizado para manufacturar empaques plásticos es el tereftalato de poliestireno (PET) cuya estructura se presenta en la figura 1. La claridad y las propiedades mecánicas de este material mejora cuando su estructura está orientada biaxialmente.

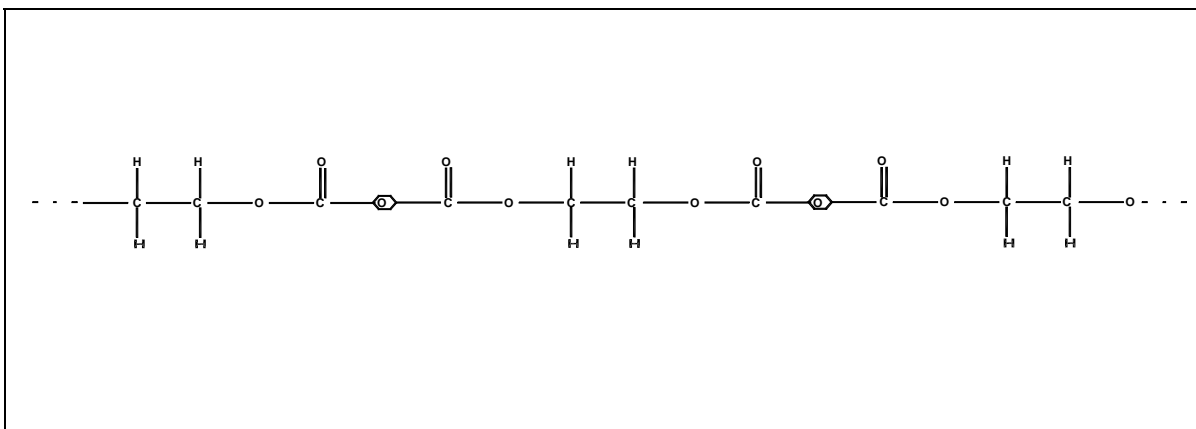


Figura 1. Estructura del PET.

Esta resina es utilizada para empaque de alimentos debido a sus características de resistencia a altas temperaturas, excelentes propiedades mecánicas y además, no interfiere con los componentes de los alimentos. Esto último hace que sea uno de los pocos empaques que son aprobados por la FDA para estar en contacto con alimentos aún a altas temperaturas. Además, las películas fabricadas con este material son muy claras, poseen excelente resistencia y se caracterizan por sus propiedades de barrera para el oxígeno y dióxido de carbono, tal como se puede observar en el cuadro anterior.

Actualmente, este material tiene varias aplicaciones como envases no retornables de refrescos, garrafones para agua pura envasada, envases para llenado en caliente y pasteurización y, recientemente, para empaque en atmósferas modificadas debido a sus cualidades de barrera (40).

Existen algunas industrias manufactureras de materiales y sistemas para protección, presentación y empaque de productos alimenticios frescos en la industria de alimentos. Estas industrias han desarrollado diversos sistemas de empaque de alimentos que permiten la distribución y mercadeo eficientes y

efectivos de productos frescos. Entre los productos a los que se aplican estos sistemas puede mencionarse: carnes frescas, carnes ahumadas y procesadas, aves, peces, productos lácteos y panadería. Estas empresas ofrecen una gama completa de equipo útil para varias industrias, desde el empaque al vacío, sistemas de empaque en atmósfera modificada para carnes, quesos y aves hasta dispositivos para envasado con este tipo de empaque. El empaque denominado "Case Ready" ayuda a preservar la frescura e higiene del producto desde el momento en que es procesado hasta que lo compra el consumidor. Además, proporciona un empaque atractivo para el consumidor. Existe una gran variedad de formatos de empaque y combinaciones de films y bandejas. Las bandejas barrera de espuma, y el claro y brillante film que provee claridad, apariencia hermética al empaque cerrado, son combinados para el empaque de una gran variedad de carnes. Debido a las propiedades barrera de la bandeja y del film, se retardan la entrada de oxígeno al empaque. Esto ayuda a prolongar la vida útil y la frescura del producto empacado. Este empaque puede combinarse con almohadillas absorbentes que absorben el exceso de líquido en el empaque. Aunque el empaque Case Ready ha sido utilizado para el empaque de aves frescas, desde hace varios años, fue hasta hace pocos años, que se está aplicando a carne fresca de res, cerdo y otras.

Entre los materiales manufacturados destacan:

a) Bandejas y Bases. Las bandejas barrera de espuma (Barrier Foam Tray). Estas bandejas están fabricadas de poliestireno expandido, en forma de multicapa y en su superficie interna cuenta con un revestimiento de film barrera de laminado. Este film transparente proporciona una excepcional barrera alta al oxígeno y humedad, además permite que la bandeja pueda sellarse herméticamente. Cada bandeja se llena individualmente con el gas y sellada herméticamente, el empaque en atmósfera modificada puede aplicarse a una variedad de productos como las carnes, aves y quesos.

i. Bandejas Foam con Barrera (BFT). Las bandejas barrera de poliestireno expandido es aplicado en el empaque en atmósferas de alimentos frescos. Estas bandejas se caracterizan por su elevada barrera, resistencia mecánica y dimensiones constantes que garantizan una excelente presentación, además mantienen la frescura del producto. Están disponibles en una amplia gama de colores y formatos. La opción del absorbente incorporado optimiza la productividad.

ii. Bases Foam con Propiedades Barrera (BFS) - Son bases rígidas, planas de foam con propiedades barrera y están específicamente para loncheados cárnicos procesados, ahumados y queso. Estas bases ofrecen una mayor flexibilidad para una amplia gama de productos y una excepcional presentación.

iii. Bandejas Rígidas - Incluye bandejas rígidas barrera para el empaque en atmósfera modificada de piezas de carne.

b) Film Lidstock - Este ha sido desarrollado para asegurar la integridad del empaque con bandejas barrera de espuma, es un film claro, multicapa que aumenta la comercialización de los productos alimenticios frescos. Se caracteriza por mantener su claridad aún bajo refrigeración, por sus propiedades de barrera al oxígeno, prolongar la vida útil de los productos y resistencia al maltrato. Actualmente en el mercado encontramos filmes específicos para productos como la carne fresca y otros productos.

La utilización de la combinación de ambos proporciona un sistema seguro de empaque en atmósfera modificada, que elimina las fugas de la mezcla de gases y reduce sustancialmente los costos de la mano de obra.

Estos materiales de empaque pueden aplicarse en los siguientes casos:

a) Atmósferas altas en oxígeno - Se recomiendan para carne de res fresca, ternera, cerdo, cordero y aves, productos en forma de bistec, chuletas, productos molidos, croquetas y embutidos.

b) Atmósferas bajas en oxígeno - Recomendadas para rodajas finas de carne, productos cocidos (albóndigas, salchichas tipo Viena marinadas y medallones), quesos, etc.(21, 22).

6. **Equipo necesario**

Las máquinas que sirven para envasar en atmósfera modificada trabajan de acuerdo a 4 tipos principales: los dos primeros se refieren al equipo tradicional FFS ó (siglas en inglés de “Formar-Llenar-Sellar”, “Flow Pack”, respectivamente horizontales y verticales modificadas para la introducción de la atmósfera, A estas máquinas, generalmente se les denomina “Gas flushing” ó “Desplazamiento gaseoso” debido a que una boquilla se coloca en el tubo formado por el film o película de barrera que se desenrolla de una bobina e introduce la atmósfera seleccionada que sustituye el aire presente. Estas máquinas realizan una progresiva disolución del aire en la atmósfera controlada y garantizan la eliminación casi total del oxígeno atmosférico. Cabe mencionar que en función del tipo de producto, el residuo de oxígeno que queda en el empaque no produce algún problema de conservación del alimento. Además, este equipo está dotado de grupos de sellado que garantizan una mayor hermeticidad.

Los otros dos tipos de máquinas son las empacadoras al vacío, denominadas equipos de empaque en vacío compensado; estas se clasifican en equipos de campana y termoformadores.

En los equipos de campana el producto se coloca en el interior de una bolsa prefabricada, se coloca al vacío. La bomba de vacío elimina el aire y el gas protector es inyectado en el interior del envase a través de unas boquillas, contrarrestando la presión interior con la exterior, para que la forma del producto permanezca intacta y se sella la bolsa herméticamente. Para lograr una confiabilidad, el ciclo debe repetirse varias veces (1, 38, 51).

Las envasadoras automáticas se utilizan en producciones industriales diarias y utilizan máquinas termoformadoras al vacío. Se llena el envase con el producto, se acopla el film, se extrae el aire atmosférico y se inyecta el gas o mezcla de gases adecuada para luego sellar el envase (1, 38, 51).

Es de suma importancia que estos equipos posean dispositivos de control denominados “no gas-no run” ó “no gas-no empaque” para evitar que un corte en el suministro de gas genere productos defectuosos. Además deben contar con sistemas de control de la concentración de oxígeno residual o la composición global de la atmósfera introducida (1, 51).

7. Controles necesarios

El éxito en la utilización del empaque en atmósfera modificada depende de varios factores tales como la calidad inicial del producto a empacar, la higiene adecuada durante el sacrificio (en caso de carnes), la correcta selección del material de empaque, una apropiada mezcla de gases, equipo de empaque confiable y el mantener un control de la temperatura. Esto es importante para el

almacenamiento bajo atmósfera modificada que no puede mejorar la calidad del producto, sino solamente retardar la velocidad del deterioro (28).

Para garantizar el éxito de la aplicación del empaque en atmósferas modificadas se debe controlar:

a) La temperatura de almacenamiento. Esta debe mantenerse entre 0 y 4°C, en especial cuando se trata de productos con un alto contenido de humedad.

b) El estado inicial del producto a empacar. Un producto en malas condiciones no mejorará aún cuando se utilice una mezcla de gases adecuada para su empaque. Debe considerarse no sólo la calidad microbiológica sino también la organoléptica.

c) Las condiciones higiénicas del equipo y todos los componentes que intervienen en el proceso, como empaque, manipuladores, etc., con el fin de garantizar la inocuidad del producto.

d) El volumen de gas aplicado con relación al volumen de producto a empacar. Generalmente se requiere que la relación volumen gas/volumen producto sea igual o mayor a dos. Si el valor de esta relación es menor los efectos de la atmósfera serán poco apreciables (38).

También es importante controlar la composición real de la atmósfera y medir el nivel de oxígeno residual es uno de los principales retos que tiene que afrontar el personal de una línea de empaque con atmósfera modificada. Actualmente, existen muchas técnicas que permiten realizar estos controles, aunque las mismas tienen un impacto sobre el costo final de la operación. Existen diversas modalidades para realizar controles de hermeticidad y de la composición

gaseosa. El sistema más preciso, exacto y completo es la cromatografía de gases. El anhídrido carbónico puede medirse con sensores infrarrojos gas-selectivos, y la concentración de oxígeno puede determinarse utilizando diversos procedimientos (1, 47, 51). Además, dependiendo del tipo de empaque en atmósfera modificada se sugiere tomar en cuenta algunos puntos críticos de control, los que se presentan en el Anexo No.1

Lioutas (1998) ha sugerido que en un sistema de empaque en atmósfera modificada se tomen en cuenta algunos puntos críticos tales como: la seguridad microbiológica y vida útil del producto, la cadena alimentaria o sistema de distribución, control de la temperatura en los puntos de venta, manejo del producto por el consumidor desde la venta hasta su consumo (47).

8. Calidad microbiológica

La seguridad higiénica de este tipo de empaque debe ser estudiada detalladamente. Por esta razón debe realizarse investigaciones y pruebas que permitan evaluar si hay crecimiento de microorganismos patógenos y degradadores en el mismo. Al considerar la calidad microbiológica de este tipo de empaque se debe diferenciar la putrefacción biológica y el crecimiento de microorganismos patógenos, que si bien ambos procesos están relacionados, son distintos. Generalmente, el riesgo toxicológico es precedido por la alteración de las características organolépticas, por lo que la putrefacción biológica que limita la comestibilidad de los productos alimenticios es un indicador para evitar el consumo de alimentos que pueden representar un riesgo para la salud del consumidor (51).

En el empaque con atmósfera modificada debe considerarse el riesgo de inhibir principalmente el crecimiento de microorganismos no patógenos

degradadores respecto a microorganismos patógenos. Además, esta atmósfera puede favorecer el crecimiento de microorganismos patógenos anaerobios. Por esto, deberá enfatizarse la importancia del control térmico, en este caso la preservación de la cadena fría la cual controla el crecimiento de microorganismos patógenos y mejora la solubilidad de los gases en los productos alimenticios preservándolos de mejor manera (51).

9. Ventajas

En relación a algunas tecnologías de conservación de alimentos más tradicionales con aire o vacío, el empaque en atmósfera modificada garantiza la mejor conservación del producto, no implicando ésto que se pierdan las características atractivas de los envases tradicionales.

A continuación se enumeran las principales ventajas de la utilización de este tipo de empaque.

- a) La prolongación de la vida de anaquel de los productos, la cual se incrementa de 50 a 400%.
- b) Ofrece la seguridad de un empaque formulado de acuerdo a normas higiénicas rigurosas con el fin de garantizar la calidad del producto sin afectar su presentación al consumidor.
- c) Permite reducir en medida consistente el uso de aditivos y preservantes en los productos alimenticios.
- d) Inhibe el crecimiento de bacterias, mohos y hongos, manteniendo la calidad del producto.

- e) Preserva las características organolépticas del producto como el color, humedad y sabor.
- f) Reduce las pérdidas económicas.
- g) Permite que los productos puedan ser distribuidos en lugares muy alejados del sitio de producción.
- h) Permite una fácil separación de las tajadas o rebanadas.
- i) Desde el punto de vista operativo, brinda practicidad y economía, aunque requiere una máquina empacadora específica (1, 30, 38, 47, 65).

De todas estas ventajas, la más importante al aplicarlo a la carne fresca es aumentar su vida útil desde un 50% hasta un 400%, proporcionando un producto de calidad adecuada (34).

A pesar de todas las ventajas enumeradas anteriormente, la utilización de esta tecnología de empaque requiere tomar en consideración los siguientes aspectos:

- El impacto de los costos de la utilización de esta tecnología es grande con relación al empaque tradicional, debido al costo de los gases que forman la atmósfera, el costo del material de empaque, la ejecución de controles de la composición de la atmósfera modificada y el aire residual, la escala tecnológica de los equipos y líneas de empaque.

- Pueden ocurrir cambios de color en carnes rojas, aunque no ocurre con la carne de cerdo.
- No es aplicable a todos los productos alimenticios.
- Se requiere distintas formulaciones de gases para cada tipo de producto.
- Se requiere de un equipo y entrenamiento especial.
- Se requiere una estricta regulación de la temperatura de almacenaje (1, 34, 51, 65).

10. Utilización de empaque con atmósferas modificadas en carnes

El empaque en atmósfera modificadas con el fin de prolongar la vida útil de alimentos ha sido utilizado industrialmente sobre todo en vegetales, un poco menos en carnes y actualmente se está aplicando en pescado (38).

Varios estudios han demostrado que el dióxido de carbono ó combinaciones de dióxido de carbono y oxígeno, pueden ser efectivas en la extensión de la vida útil de carnes (5, 34, 66).

El empaque en atmósferas modificadas puede aplicarse a carnes frescas rojas por medio de dos procesos:

a) Empaque al vacío - Este implica la eliminación del aire contenido en el empaque, y la posterior aplicación de un sello hermético.

b) Empaque con fluido de gases – Este proceso consiste en la eliminación del aire del empaque, posteriormente se hace fluir un gas específico o una mezcla de gases y luego se sella herméticamente el empaque (66).

Ambas técnicas utilizan materiales de empaque que posean características de barrera alta y que puedan extender la vida útil, pudiendo ser de 21 a 28 días para carnes empacadas al vacío y de 7 a 12 días para carnes empacadas con fluido de gases (66).

En algunos casos se ha utilizado altas concentraciones de CO₂ con el objeto de prolongar la vida útil de este producto, pero esta condición acelera su decoloración (38).

En la carne empacada al vacío predominan los microorganismos del género *Lactobacillus*, aunque también se encuentran otras bacterias lácticas como *Leuconostoc* sp. y *Carnobacterium*. Pero, en atmósferas enriquecidas en CO₂ y O₂ el microorganismo responsable de los cambios organolépticos de la carne es *Brochothrix thermosphacta*, sobretodo en las carnes de cerdo y cordero (34).

La prolongación de la vida útil de carne empacada en atmósferas con una alta concentración de CO₂ es consecuencia del cambio producido en el tipo de flora dominante respecto a la empacada en condiciones de aerobiosis. De este modo, en carne empacada al vacío y almacenada a temperaturas entre 0 y 5 °C, las bacterias lácticas no producen olores ni sabores desagradables y tampoco se oxida la mioglobina a metahemoglobina, por lo que no hay cambio de color en las carnes rojas (34).

Al comparar la conservación en aerobiosis con el empaque en atmósferas enriquecidas con CO₂ y O₂ éste puede prolongar la vida útil de la carne

refrigerada en 7-10 días, y el empaçado al vacío la aumenta entre 21 y 28 días. Sin embargo, el envasado al vacío puede alterar el color de la carne (34).

Cabe mencionar que el tipo de atmósfera utilizado influye en la extensión de la vida útil de la carne (34).

Se han realizado diversos estudios sobre productos cárnicos empaçados en atmósferas modificadas, no obstante se han obtenido diferentes resultados. Así, en algunos se ha sugerido que la inhibición de la flora alterante de la carne puede favorecer el crecimiento de microorganismos patógenos y producción de toxinas, aún cuando no se alteren sus características organolépticas. Otros estudios han concluido que no hay evidencias determinantes a este respecto (34).

En carne fresca empaçada en condiciones de anaerobiosis, las cepas no proteolíticas de *C. botulinum*, pueden crecer aún a temperaturas de 3.3 °C, sin alterar sus características y además, pueden producir neurotoxinas (32). Anteriormente se había sugerido que la inclusión de oxígeno en la mezcla gaseosa podría evitar el crecimiento de esta bacteria, sin embargo, estudios recientes han demostrado que la inclusión de este gas no garantiza una protección adicional, respecto a este microorganismo (34).

El CO₂ prolonga la vida útil de las carnes frescas refrigeradas debido a que inhibe el crecimiento de las bacterias causantes de alteración en las características organolépticas, principalmente las *Pseudomonas* y las del grupo *Acinetobacter-Moraxella*. De acuerdo a diversos estudios realizados se ha recomendado que la concentración más eficaz es de un 20% de CO₂ (11). Se ha ensayado con concentraciones superiores que proporcionan una protección adicional, pero se ha visto que un 40% o más origina cambios de color. También

se ha determinado que la utilización de un 50-80% de oxígeno y un 20% de CO₂ aumenta la vida útil respecto al color y ligeramente en cuanto al olor. En países como Dinamarca e Inglaterra se ha utilizado ampliamente para la carne fresca envasada en bolsas impermeables a los gases (11).

Farber (30) ha demostrado que el dióxido de carbono o combinaciones de dióxido de carbono con oxígeno, son efectivas en la extensión de la vida útil de carnes. En un principio se reconoció que una temperatura cercana a 0°C, una alta concentración de CO₂, y un bajo número de bacterias cuando se aplica el CO₂, puede prolongar la vida útil.

Como se mencionó anteriormente en el caso de las carnes frescas es muy importante mantener el color rojo, por lo que generalmente se utiliza una mezcla de gases con 60 a 80% de O₂, de manera que pueda retardarse la formación de metamioglobina, la cual produce un color café en la carne (2, 5, 16). En carnes frescas las proporciones de gases recomendadas son 70-85% de O₂ y 15-25% de CO₂ (16).

A este respecto, Adams y Hufmfann (1972) investigaron los efectos del almacenamiento sobre la calidad microbiológica, sensorial y color de cortes de carne de cerdo a dos temperaturas diferentes: una en presencia de aire y otra en presencia de una mezcla de gases. Para ello utilizaron cuatro tratamientos diferentes: 2.2 °C y aire (control), 2.2°C y mezcla de gases, (25% CO₂ 5%, O₂ y 70% de N₂) -2.2°C y aire, -2.2°C y mezcla de gases (25% CO₂ 5%, O₂ y 70% de N₂). Para el empaque se utilizó bandejas de styrofoam y un filmn de PVC. Los cortes de carne fueron almacenados por períodos de 0, 5, 9 y 15 días después de empacados. Para el análisis microbiológico se efectuaron recuento aeróbico de placa, recuento anaeróbico de placa, y determinación de bacterias productoras de ácido láctico. La evaluación sensorial se realizó evaluando el sabor, la suavidad y

jugosidad de cortes cocinados; por medio de jueces entrenados y una escala hedónica. Los resultados indican que el conteo de bacterias aeróbicas es más bajo que en los controles, en carne almacenada a una temperatura de -2.2°C . También obtuvieron conteos de bacterias más bajos que los controles en los cortes almacenados en mezcla de gases. El conteo anaeróbico fue mayor en las muestras almacenadas en aire y menor en las almacenadas en mezcla de gases. El conteo de bacterias productoras de ácido láctico fue mayor para las muestras almacenadas en aire respecto a las almacenadas en mezcla de gases. Durante el almacenamiento se observó un decrecimiento de la aceptabilidad global de la carne en ambas temperaturas de almacenamiento (2).

Seideman, y col. (1979) realizó un estudio en el que determinaron las características físicas y sensoriales de carne de cerdo empacado en diferentes atmósferas. El estudio se realizó con carne de cerdo deshuesado asado. El grupo control estuvo constituido por las muestras empacadas al vacío y el grupo experimental estuvo constituido por cortes de carne sometidos a seis diferentes mezclas de gases: 1) 100% O_2 , 2) 20% CO_2 + 80% N_2 , 3) 50% CO_2 + 50% O_2 , 4) 20% CO_2 + 80% O_2 , 5) 25% CO_2 + 25% O_2 + 50% N_2 , 6) 51% CO_2 + 30% O_2 + 18% N_2 + 1% CO . Para empacar las muestras se utilizó bolsas de laminado de nylon/saran/polietileno. De cada uno de los tratamientos se tomó cinco paquetes y fueron analizados después de 7, 14, 21, 28 y 35 días. Se analizó la composición de gases, la pérdida de olor, la decoloración de la superficie, apariencia total y sabor de los cortes. Se concluyó que la mezcla de gases más conveniente para el empaque al vacío es de 20% CO_2 + 80% N_2 . (58).

Asensio, y col. (1988) estudiaron el efecto de atmósferas enriquecidas con CO_2 y O_2 sobre la vida útil de carne de cerdo refrigerada y empacada en bolsas plásticas de baja (Cryovac® BB-1) y alta (polietileno) permeabilidad a los gases. La mezcla de gases estuvo constituida por 20% de CO_2 y 80% de aire (v/v). Se realizó recuento total de microorganismos viables

(TVC) por medio de conteo en placa de agar (PCA). El rápido incremento de microorganismos viables en las bolsas de polietileno mostraron que los films plásticos de alta permeabilidad no son recomendables para prolongar la vida útil de carnes utilizando atmósferas modificadas. En las bolsas Cryovac® las atmósferas enriquecidas con CO₂ y el empaque al vacío inhibieron el crecimiento de microorganismos aeróbicos, manteniendo la flora bacteriana (principalmente lactobacilos y *Brochothrix thermosphacta*) abajo del nivel de 10⁸/cm² durante tres semanas. La oxidación lipídica no fue un factor limitante de la vida útil de las carnes en ninguna de las dos atmósferas estudiadas. Hubo pérdida de olor en ambas aproximadamente a los 20-22 días de almacenamiento. Se concluye que la presencia de un 20% de CO₂, independientemente de la carga microbiana inicial y de la concentración de O₂ utilizada, inhibe la flora psicrótrófa gramnegativa y consecuentemente desde el punto de vista microbiológico, la vida útil de la carne se amplía hasta 20 días. Además, la presencia de un 80% de O₂ en la atmósfera disminuye notablemente la velocidad de oxidación de la mioglobina, manteniendo el atractivo color de la carne durante al menos 15 días (6).

Randell, y col. (1995) realizaron un estudio con pechuga de pollo y trucha marinadas empacadas en atmósfera modificada y almacenados con el fin de determinar el daño en la calidad producido por pérdidas gaseosas en el empaque. En este caso, el marinado estuvo compuesto por curry, cebolla, estabilizadores e intensificadores del sabor. Para la trucha el marinado estuvo compuesto por sal, pimienta blanca y antioxidante. Además, a ambos se les agregó agua, aceite vegetal, vinagre, paprika, glucosa, sabores naturales, reguladores de la acidez y estabilizadores. En este estudio las piezas de pollo marinadas fueron empacadas en atmósfera modificada con una mezcla gaseosa conformada por 60% N₂, y 40% CO₂ en bandejas de polietileno selladas con un film laminado de poliéster y polietileno; y para las lonjas de trucha arco iris se utilizó una mezcla gaseosa de 80% N₂ y 20% CO₂, bandejas de polipropileno y un film laminado de poliéster y polietileno. La vida útil sensorial de los productos decreció lentamente, a pesar del

incremento lineal en la velocidad de la pérdida de gases, con excepción de la apariencia de las lonjas de trucha, que no fueron afectadas por la pérdida gaseosa. La concentración de etanol en el espacio de cabeza fue indicador potencial del daño y pérdida gaseosa para ambos productos. La presencia de dimetilsulfuro fue un indicador del daño en los filetes de pollo y la presencia de acetona se utilizó como un indicador de pérdida gaseosa en los empaques de lonjas de trucha. Para ambos productos un panel de jueces entrenados realizó una evaluación sensorial de muestras crudas (apariencia, olor y calidad total) y muestras cocidas (apariencia, olor, sabor textura y calidad total). Se concluyó que el crecimiento de levaduras y mohos en ambos productos estaba directamente relacionado con la velocidad de pérdida gaseosa en los empaques, así como el crecimiento de coliformes en las piezas de pechuga de pollo. Las bacterias ácido lácticas y aeróbicas no fueron afectadas por la pérdida gaseosa. De acuerdo a la evaluación sensorial, la vida útil de piezas de pollo en los empaques intactos puede prolongarse por medio del tiempo máximo de sellado (11 días). Los recuentos microbiológicos fueron bastante altos después de 2 semanas de almacenamiento. Consiguientemente, la velocidad de la pérdida gaseosa afectó el crecimiento de coliformes más rápidamente que la calidad sensorial. La utilización de indicadores de pérdida gaseosa puede ser muy útil en el caso de productos marinados, debido a la dificultad de detectar cambios organolépticos por medio de evaluación sensorial (57).

C. Análisis Sensorial

1. Definición

El análisis sensorial puede definirse como “una disciplina científica utilizada para identificar, medir, analizar e interpretar reacciones hacia aquellas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído” (9).

También se le ha definido como “el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos por uno o más de los sentidos humanos” (19).

El análisis por medio de los sentidos ha existido desde que el mismo hombre existe, sin embargo, como una disciplina surgió a finales del siglo XIX cuando se iniciaron los estudios de la percepción humana. Actualmente, estos estudios han evolucionado e incluyen un análisis descriptivo y pruebas estadísticas complejas, además de la utilización de programas de computadora. Se puede decir que ha evolucionado a la par del desarrollo tecnológico de la industria de alimentos, debido a que ha generado una mayor competencia y a la vez mayores exigencias respecto a la calidad, por lo que el análisis sensorial se ha convertido en una herramienta de gran utilidad para determinar la calidad y aceptación de los productos alimenticios (9, 19).

2. Aplicaciones del Análisis Sensorial

El análisis sensorial es una herramienta que puede tener diferentes áreas de aplicación.

a) Área de Desarrollo de Productos - Las industrias de alimentos necesitan conocer los atributos sensoriales y la aceptación de los productos que desarrollan. Permite conocer si se cumplen o no las expectativas que el consumidor busca en ese producto o evaluar si se ha alcanzado el objetivo que se persigue al formular tal producto (19, 56).

b) Área de Control de Calidad - Su aplicación en esta área es muy amplia y puede resolver distintos problemas; para cada caso específico debe

determinarse el tipo de prueba que se utilizará, las características de los jueces y las condiciones del análisis (19).

c) Área de Mercadeo - En este campo la evaluación sensorial ofrece varias técnicas para acercarse al consumidor e identificar precisamente cuáles son sus necesidades y sus expectativas respecto al producto, las características del producto, el público al que debe dirigirse una línea de productos, etc. Las pruebas sensoriales proporcionan información cuantitativa valiosa para los técnicos responsables de la formulación de un determinado producto y en el caso del mercadólogo, este tipo de pruebas puede suministrar información valiosa sobre la reacción del consumidor ante el mismo (56).

3. Tipos de pruebas sensoriales

Existen diversas pruebas sensoriales, cada una con diferentes características y diferente campo de aplicación. Se les ha clasificado en tres grandes grupos:

a) Pruebas analíticas - Se utilizan para la evaluación de productos en un laboratorio, determinando diferencias o similitudes, o identificando y cuantificando atributos sensoriales. Dentro de este grupo se incluyen las siguientes:

i. Pruebas discriminatorias - Este tipo de pruebas permiten establecer si existen diferencias entre las muestras, no indican la magnitud ni el sentido de la diferencia (9, 20). Se utilizan en evaluaciones de control de calidad, en estudios de almacenamiento y vida de anaquel, con el fin de determinar cambios a través del tiempo en relación con un control (9). Pueden ser realizados por panelistas no entrenados o entrenados para detectar una diferencia específica. Los panelistas pueden identificar algún factor limitante en la vida de

anaquel del producto (39).

Entre estas pruebas se incluye:

- Comparación pareada - Cuando se presentan dos muestras y se cuestiona si existe diferencia entre ellas. Idealmente se debe evaluar un par por sesión y juez para evitar desviaciones en los resultados, sin embargo, generalmente se presentan de dos a cuatro pares por sesión.

Este tipo de prueba se utiliza frecuentemente debido a su simplicidad y porque se requiere una cantidad limitada de muestras, pero la probabilidad de acertar por azar es muy grande (20, 64).

- Prueba dúo-trío - Consiste en presentar tres muestras, una se utiliza como referencia y se interpela sobre cuál de las dos restantes es igual a ella. Respecto a la probabilidad de acertar por azar es similar a la anterior (20, 41).

- Prueba triangular - Consiste en presentar tres muestras e informar al juez que dos de las mismas son iguales y que debe identificar la muestra diferente. La probabilidad de acertar al azar es menor que en las pruebas anteriores (20,39).

Para realizar estas pruebas se recomienda utilizar jueces seleccionados y su grado de adiestramiento dependerá del estudio a realizar, la precisión y exactitud requerida (20).

De las pruebas descritas anteriormente, la menos utilizada es la dúo-trío debido a su poca simplicidad respecto a la prueba pareada y su menor eficacia respecto a la prueba triangular. Se ha recomendado para estudios en los que se necesita diferenciar sabores simples, pero no en los que se

pretende detectar diferencias entre aromas o aspecto (20).

b) Pruebas descriptivas - Este tipo de pruebas permite establecer si hay diferencia entre las muestras y su magnitud o sentido, es decir, que identifica y cuantifica características sensoriales. Deben realizarse por jueces seleccionados y adiestrados (9, 20).

Entre estas pruebas se incluyen:

i. Perfil de sabor - Requiere panelistas expertos y se concentra en características del sabor de los alimentos.

ii. Perfil de textura - Se concentra en características de la textura de los alimentos. Utiliza escalas de referencia para evaluar diferentes características.

iii. Análisis descriptivo - Este método fue introducido por Tragon Corporation con el nombre "QDA" y también por Spectrum Corporation con el nombre "Spectrum". Estos métodos son diferentes y actualmente, las industrias utilizan métodos derivados de los métodos originales y que se adaptan a sus necesidades. Entre sus aplicaciones se destacan la descripción de cambios en vida de anaquel, definición de características sensoriales de un standard, definición de propiedades sensoriales de un producto terminado (9).

c) Pruebas afectivas - Su objetivo es evaluar la respuesta (aceptabilidad o preferencia) de los consumidores del producto. Este tipo de pruebas utiliza evaluadores sin entrenamiento que son seleccionados de la población. Para la evaluación de aceptabilidad puede utilizarse una escala hedónica ó puede valuarse la intensidad de ciertos atributos del producto.

Al momento de seleccionar a los evaluadores debe considerarse la edad de los mismos el nivel socioeconómico y otros aspectos de inclusión (9).

En las evaluaciones de vida de anaquel, generalmente se utiliza una escala conformada por nueve puntos que puede incluir los extremos “disgusta extremadamente” hasta “gusta extremadamente”. Estas pruebas permiten evaluar tanto la aceptación total del producto como sus características específicas de sabor y textura (41).

Debe hacerse notar que casi todos los métodos de evaluación sensorial pueden ser utilizados en la evaluación de vida de anaquel de productos alimenticios (41).

Algunos tipos de evaluación sensorial requieren el uso de jueces entrenados especialmente cuando se requieren más que juicios personales y opiniones afectivas sobre un producto y sus atributos; por lo que es muy importante su selección y entrenamiento para asegurar juicios de máxima veracidad, sensibilidad y reproducibilidad (7).

D. Carne y derivados cárnicos

1. Definiciones

Carne es “la parte muscular comestible de los animales de abasto, sacrificados y faenados en condiciones higiénicas, incluyendo las porciones de grasa, hueso, cartílago, piel, tendones, aponeurosis, nervios, vasos linfáticos y sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de éste en los procesos de manipulación, preparación y transformación de la carne” (55).

Desde el punto de vista técnico, se le define como “el músculo de animales que el hombre consume como alimento”. También se le define como el resultado de un tratamiento tecnológicamente adecuado del músculo, luego del sacrificio del animal, para su posterior comercialización y consumo (27).

De acuerdo a las Normas COGUANOR se ha definido a la carne como “la parte comestible, sana y limpia de la musculatura esquelética, incluida la grasa natural de la misma, de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos, aves de corral y otros animales de consumo autorizado por el organismo competente”. También se aplica este término a la de especies de consumo autorizado por el organismo competente, tales como aves de corral, caza, peces, crustáceos y moluscos (15).

La norma COGUANOR también define el término complementos cárnicos como “cualquier otra parte comestible, fuera de la carne, que se derivan del ganado vacuno, lanar, porcino u otros mamíferos de consumo autorizado por el organismo competente, e incluye: cerebro, timo, páncreas, hígado, corazón, estómago y sangre” (15).

2. Clasificación de los productos cárnicos

a) Productos cárnicos crudos adobados - Son elaborados con piezas cárnicas enteras o en trozos, sometidos a la acción de la sal, especias y condimentos con el fin de obtener un aspecto y sabor característicos; en algunos casos puede estar recubierto de pimentón. Posteriormente son protegidos por un empaque autorizado (28, 55).

b) Embutidos crudos curados - Son productos cárnicos que pueden estar troceados a los que se les adiciona sal y otras sustancias, que se

someten a un proceso de maduración-desechación apropiado. En este grupo se incluye el chorizo, salchichón y salami.

c) Productos cárnicos tratados por calor - Son todos los productos preparados con carnes y/o despojos comestibles de una o más especies animales de abasto, aves y caza autorizadas, sometidos en su fabricación a la acción del calor hasta alcanzar una temperatura en la que se obtiene la coagulación total o parcial de las proteínas cárnicas. En algunos casos se somete a los procesos de ahumado y/o maduración. Se incluye en este grupo los fiambres, pancetas, mortadela, patés, morcilla, butifarra (55).

d) Salazones cárnicas - Se denomina con este nombre a las carnes sometidas a la acción prolongada del cloruro sódico, en forma sólida o de salmuera para prolongar su conservación (55).

e) Productos marinados - El marinado es “una salsa mezcla de agua, especias, sal, ablandadores y frecuentemente ácido, usado para mejorar el sabor y/o suavizar carne cruda o aves de corral”. Si una solución ácida o alcalina es utilizada para el marinado, se altera el pH de los tejidos y puede afectar positivamente la vida útil del producto. La adición de ciertas especias que poseen una actividad antimicrobiana natural puede prolongar la vida útil (62).

El marinado puede ser preparado con vino o vinagre con aceite de oliva, jugo de limón, hierbas y especias, en el cual se sumergen las carnes (8).

Los productos marinados destinados a la venta son usualmente empacados en empaques barrera respecto al oxígeno, y almacenados en refrigeración. La ausencia de oxígeno y la adición de ácido al marinado selecciona la dominación de la microflora por bacterias ácido lácticas. El daño es acompañado ocasionalmente por producción de gas y, en algunos casos, se han

reportado olores a sulfuro producidos por *Hafnia alvei* y *Enterobacter liquefaciens* (anteriormente *Serratia liquefaciens*) (62).

3. Microbiología de la carne

La composición química y características biológicas de la carne la convierten en un medio de cultivo adecuado para el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos (34, 39, 55).

La contaminación de la carne inicia desde el sacrificio del animal, continúa en otras áreas del matadero, puestos de venta hasta llegar al hogar del consumidor (55).

En el Cuadro No. 5 se presentan las vías de contaminación más frecuentes de la carne.

Algunos de estos microorganismos son agentes productores de zoonosis y toxiinfecciones alimentarias, mientras que otros alteran sus características organolépticas. Por esta razón, las prácticas de manipulación y métodos de conservación de la carne tienen como objetivo principal retrasar o inhibir el crecimiento microbiano (34).

La flora de la superficie de reses recién sacrificadas, usualmente oscila entre 10^2 y 10^3 bacterias por cm^2 , está constituida principalmente por bacterias mesofílicas, procedentes del tracto intestinal y superficies externas del animal vivo. La contaminación que puede ocurrir debido al medio ambiente del sacrificio es también en gran parte de naturaleza mesofílica. Los microorganismos psicrótrofos procedentes del suelo y agua están presentes, pero usualmente solamente alcanza 10^1 por cm^2 (62).

CUADRO No. 5
VÍAS DE CONTAMINACIÓN MÁS FRECUENTES EN CARNES

VÍA DE CONTAMINACIÓN	CONDICIONES QUE PERMITEN LA CONTAMINACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Matadero 	<ul style="list-style-type: none"> - Manipuladores enfermos. - Higiene inadecuada de manipuladores - Insectos y roedores.
<ul style="list-style-type: none"> • Animal 	<ul style="list-style-type: none"> - Piel (<i>Micrococcus, Pseudomonas, Staphylococcus, Lactobacillus.</i>) - Contenido intestinal (<i>E.coli, Clostridium, Streptococcus</i>, en algunos casos <i>Salmonella.</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Otras fuentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento, suelo, aire, agua, manipuladores (<i>Pseudomonas, B. cereus, Cl. perfringens</i> , en algunos casos, <i>Cl. botulinum, Enterobacteriaceae, E. coli, Salmonella, Staphylococcus, Cladosporium, Sporotrichum, Geotrichum, Mucor, Penicillium, Alternaria, Monilia</i>, levaduras, etc.)

FUENTE: (55).

En el Cuadro No.6 se muestran los microorganismos encontrados con mayor frecuencia en las carnes.

CUADRO No. 6
GÉNEROS BACTERIANOS ENCONTRADOS FRECUENTEMENTE EN CARNES

Género	Reacción de Gram	Carnes frescas	Carnes tratadas	Carnes empacadas al vacío
• <i>Acinetobacter</i>	-	XX	X	X
• <i>Aeromonas</i>	-	XX		X
• <i>Alcaligenes</i>	-	X	X	
• <i>Bacillus</i>	+	X	X	
• <i>Brochothrix</i>	+	X	X	XX
• <i>Campylobacter</i>	-			
• <i>Carnobacterium</i>	+	X		XX
• <i>Citrobacter</i>	-	X		
• <i>Clostridium</i>	+	X		
• <i>Corynebacterium</i>	+	X	X	X
• <i>Enterobacter</i>	-	X	X	X
• <i>Enterococcus</i>	+	XX	X	XX
• <i>Escherichia</i>	-	X		
• <i>Flavobacterium</i>	-	X		
• <i>Hafnia</i>	-	X		X
• <i>Kurthia</i>	+	X		X
• <i>Lactococcus</i>	+	X	X	
• <i>Lactobacillus</i>	+	X	XX	XX
• <i>Leuconostoc</i>	+	X	X	X
• <i>Listeria</i>	+	X	X	
• <i>Microbacterium</i>	+	X	X	X
• <i>Micrococcus</i>	+	X	X	X
• <i>Moraxella</i>	-	XX		
• <i>Pantoea</i>	-	X		
• <i>Pediococcus</i>	+	X	X	X
• <i>Proteus</i>	-	X		
• <i>Pseudomonas</i>	-	XX		X
• <i>Psychrobacter</i>	-	XX		
• <i>Salmonella</i>	-	X		
• <i>Serratia</i>	-	X	X	X
• <i>Shewanella</i>	-	X		
• <i>Staphylococcus</i>	+	X	X	X
• <i>Vagococcus</i>	+			
• <i>Vibrio</i>	-			
• <i>Yersinia</i>	-	X		X

FUENTE: (39).

La mayoría de microorganismos que alteran la carne fresca refrigerada son bacterias psicrótrofas aerobias de los géneros *Pseudomonas* y *Moraxella /Acinetobacter*. También se encuentran presentes especies anaerobias facultativas como enterobacterias psicrótrofas, *Aeromonas* sp. y *Shewanella (Alteromonas) putrefaciens* y microorganismos Gram-positivos como *Lactobacillus* sp. y *Brochothrix thermosphacta* (34).

En la carne fresca almacenada en refrigeración, el crecimiento de mohos y levaduras es limitado, pero pueden desarrollarse especies de los géneros *Penicillium*, *Clodosporium*, *Thamnidium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Alternaria* y *Sporotrichum*. Entre las levaduras se desarrollan los géneros *Torulopsis*, *Cándida* y *Rhodotorula* (34).

En el Cuadro No. 7 se presentan los cambios organolépticos causados por microorganismos.

CUADRO No. 7
CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN CARNES PRODUCIDOS POR
MICROORGANISMOS

ALTERACIÓN	CARACTERÍSTICAS	MICROORGANISMOS IMPLICADOS
MICROORGANISMOS AEROBIOS		
<ul style="list-style-type: none"> Viscosidad 	Aparición de capa viscosa acompañada de olor desagradable. Ocurre cuando la tasa de microorganismos alterantes es mayor a 10^7 microorganismos /cm ² .	<i>Pseudomonas</i> <i>Achromobacter</i> , <i>Leuconostoc</i> <i>Bacillus</i> <i>Micrococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Levaduras</i> <i>Mohos</i>
<ul style="list-style-type: none"> Decoloración 	Producida por fenómenos de oxidación.	Levaduras y especies bacterianas de los géneros; <i>Lactobacillus</i> <i>Leuconostoc</i> .
<ul style="list-style-type: none"> Decoloración verde 	Es frecuente en carnes almacenadas a temperaturas de refrigeración entre 1-2°C y baja concentración de oxígeno.	<i>P. mephitica</i>

Continuación del Cuadro No. 7

ALTERACIÓN	CARACTERÍSTICAS	MICROORGANISMOS IMPLICADOS
MICROORGANISMOS AEROBIOS		
• Pigmentación	Aparición de colores extraños.	<i>Pseudomonas</i> <i>Flavobacterium</i> <i>Micrococcus</i> <i>Serratia</i> Levaduras (<i>Rhodotorula</i>) Mohos (<i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Sporotrichum carnis</i> , <i>Penicillium</i>).
• Enranciamiento	Alteración de la grasa.	<i>Pseudomonas</i> Levaduras Mohos
• Lipólisis	Hidrólisis de grasas que produce olores particulares, en algunos casos a ácido butírico.	<i>Pseudomonas</i> <i>Achromobacter</i> Levaduras (<i>Tricosporum</i> y <i>Candida</i>). Mohos
• Enmohecimiento	Aparecimiento de mohos.	<i>Mucor</i> <i>Rhizopus</i> <i>Thamnidium</i>
• Fosforescencia	Crecimiento de microorganismos fosforescentes. Frecuente en carnes conservadas a bajas temperaturas.	<i>Photobacterium</i>
• Olores y sabores anormales	Olor y sabor a agrio. Sabor a rancio. Sabor a tierra. Sabor a humedad.	Bacterias y levaduras acidificantes. Actinomicetos. Actinomicetos. Mohos.
MICROORGANISMOS ANAEROBIOS		
• Agriado	Debido a presencia de ácidos volátiles y no volátiles consecuencia de acción enzimática de la carne durante su maceración, fermentación microbiana, proteólisis bacteriana.	Bacterias lácticas: <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Staphylococcus</i> <i>Bacillus</i> <i>Clostridium</i>
• Putrefacción	Esta alteración indica descomposición anaeróbica de proteínas con formación de olores putrefactos (amoníaco, ácido sulfhídrico, indol, escatol, mercaptano, etc.) Se caracteriza por presencia de gas y color gris-verdoso. Presente en carnes no refrigeradas o en refrigeración inadecuada. Se afectan carnes con pH mayor a 6.2.	<i>Proteus vulgaris</i> <i>Proteus mirabilis</i> Especies de la familia <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Clostridium bifermentans</i> <i>Clostridium perfringens</i> <i>Clostridium sporogenes</i>
• Hueso hediondo	Alteración caracterizada por la producción de olor pútrido en partes profundas de la carne, cerca del hueso. Se presenta en refrigeración inadecuada o carnes con pH elevado.	<i>Clostridium putrefaciens</i> <i>Clostridium hystoliticum</i> <i>Clostridium putrificum</i>

FUENTE: (55).

E. Métodos utilizados en el Control Microbiológico de Carne y Productos Cárnicos

Los recuentos e investigaciones que se realizan generalmente en carne son:

1. Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
2. Presencia de *Escherichia coli*.
3. Presencia de *Salmonella*.
4. Presencia de *Staphylococcus aureus*.
5. Recuento de *Clostridium* sulfito-reductores.
6. Recuento de *Clostridium perfringens*.

En el recuento de microorganismos aerobios mesófilos se estima la flora total, pero sin especificar tipos de gérmenes. Esta evaluación manifiesta la calidad sanitaria de los productos analizados e indica tanto las condiciones de la materia prima como la forma en que fueron manipulados. No obstante, debe tomarse en cuenta que tiene un valor limitado como indicador de la presencia de patógenos o toxinas producidas por los mismos. Por lo tanto, un bajo recuento total de microorganismos mesófilos no garantiza que un alimento esté exento de patógenos o sus toxinas; y tampoco un alto recuento total expresa necesariamente la presencia de patógenos (55).

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos se realiza utilizando dos métodos de recuento en placas: recuento por siembra en masa y recuento por siembra en superficie (55).

El recuento aeróbico en placa (Aerobic Plate Count -APC-) es utilizado como un indicador de la población de bacterias en una muestra. También se le denomina “conteo aeróbico de colonias”, “conteo estándar en placa”, “conteo

mesofílico”, “conteo total en placa”. La prueba se basa en la suposición que cada célula puede formar una colonia visible cuando se mezcla con un medio de cultivo que contenga los nutrientes adecuados. Esta no es una medida de la población total de bacterias, pero como su nombre lo indica, es una prueba genérica para microorganismos que crecen en condiciones aeróbicas y a temperaturas mesofílicas. Debe señalarse que esta prueba no diferencia tipos de bacterias. A pesar de algunas limitaciones, puede utilizarse exitosamente como medida de la calidad sanitaria, aceptabilidad organoléptica, prácticas de manufactura adecuadas y, en menor escala como un indicador de seguridad. El recuento aeróbico en placa puede proporcionar información sobre alimentos crudos, condiciones de procesamiento, condiciones de almacenamiento y manipulación del producto. También puede proporcionar información sobre la vida de anaquel o cambios inminentes en las características organolépticas de los alimentos. Los conteos aeróbicos en placa no correlacionan directamente la presencia de patógenos y toxinas por lo que, la existencia de un bajo conteo aeróbico en placa no necesariamente implica que el producto o los ingredientes estén libres de microorganismos patógenos. Sin embargo, dependiendo de la situación esta prueba puede ser valiosa en la evaluación de la calidad de los alimentos (52).

El nivel de coliformes es utilizado comúnmente como un indicador de las condiciones higiénicas y de la calidad microbiológica de productos cárnicos procesados y aves. Por ejemplo, la presencia de coliformes sobre la superficie de productos cocidos apropiadamente indica una contaminación posterior al procesamiento. Sin embargo, cuando los productos cocidos son posteriormente almacenados, la interpretación del conteo de coliformes cambia porque la flora natural de carnes y aves puede incluir ciertas coliformes capaces de crecer lentamente a temperaturas de refrigeración (2°C a 5°C). En productos cocidos puede ocurrir alguna contaminación entre el proceso de cocción y empaque. Debido a que la multiplicación de estas coliformes psicrótrofas puede ocurrir durante el almacenamiento en refrigeración, los conteos de coliformes pierden su

significancia como indicadores de las condiciones higiénicas existentes durante la producción. Este es uno de los varios factores por los que se evita que los conteos de coliformes sean un efectivo indicador de la seguridad de productos cárnicos y aves refrigerados (62).

Se considera un índice de adecuada manipulación higiénica en la carne fresca, una concentración de microorganismos del orden 10^3 ufc/cm² (34).

F. Criterios microbiológicos para carnes

A continuación se presentan algunos criterios para evaluar la calidad microbiológica de carne fresca y carne congelada (55).

CUADRO No.8

CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA CARNE FRESCA Y CARNE CONGELADA

Microorganismo	Valor esperado
• Recuento de colonias aerobias mesófilas (54)	1×10^5 / g
• <i>Escherichia coli</i> (54)	5×10 / g
• <i>Salmonella – Shigella</i> (54)	Ausencia / 25 g
• <i>Staphylococcus aureus</i> enterotoxigénico (54)	5×10 / g
• <i>Clostridium</i> sulfito-reductores (54)	3×10 / g
• Recuento total de microorganismos aerobios y anaerobios facultativos viables (23)	Menor a 10^6 / g

FUENTE: (23, 55).

En la microbiología de alimentos, es esencial el análisis de alimentos encaminado a investigar la existencia, tipos y cifras de microorganismos y/o sus productos metabólicos. A pesar de su importancia, ninguno de los métodos utilizados generalmente permite determinar el número exacto de microorganismos existentes en un alimento específico. Al comparar los métodos analíticos se encuentra que algunos son mejores que otros, pero cada uno posee ciertas limitaciones que deben tomarse en cuenta al utilizarlos (39).

G. Conservación de carnes y productos cárnicos

Existe una variedad de métodos empleados para la conservación de la carne, la refrigeración es el método más utilizado y permite incrementar la vida útil de la carne fresca en aproximadamente dos semanas. Debido a las nuevas exigencias que han surgido de acuerdo a los hábitos y tendencias de consumo actuales se han desarrollado otros procedimientos que aunados a la refrigeración permiten aumentar la vida útil de la carne y garantizar su calidad. En el proceso del desarrollo de estos nuevos procedimientos se ha considerado que se deben caracterizar por:

1. Reducir o eliminar efectivamente la presencia de microorganismos patógenos y saprofitos.
2. No dejar residuos nocivos para la salud del consumidor.
3. No alterar las características organolépticas de la carne fresca.
4. Gozar de la aceptabilidad del consumidor.
5. Garantizar la calidad de la carne fresca.

Dentro de los procedimientos que se utilizan junto con la refrigeración para aumentar la vida útil de la carne fresca y garantizar su calidad, se destacan el empaque en atmósferas modificadas, la utilización de bacterias lácticas y/o bacteriocinas, la irradiación y la descontaminación físico-química (34).

IV. JUSTIFICACIÓN

La tecnología del *Empaque en Atmósferas Modificadas o Protectivas (M.A.P. Modified Atmosphere Packaging)* es un procedimiento utilizado en la industria alimentaria con el fin de prolongar la vida útil de productos alimentarios tales como hortalizas, frutas y carnes. Su objetivo principal es hacer llegar al consumidor final un producto fresco, seguro y con características organolépticas adecuadas.

Esta tecnología, es una de las innovaciones mas significativas en la industria alimentaria y actualmente está siendo utilizada en algunos países. Sin embargo, en nuestro país no se cuenta con resultados proporcionados por estudios realizados al respecto, que sirvan de respaldo a las industrias de alimentos para incorporar dicha tecnología en el empaque de sus productos. Por esta razón, se determinó la vida de anaquel de carne de cerdo empacado en atmósfera modificada.

Cabe mencionar que la realización de este trabajo de investigación constituye uno de los primeros estudios formales en Guatemala, que sentará las bases para el uso de empaques en atmósfera modificada aplicada a la conservación de alimentos.

V. OBJETIVOS

A. General

Establecer la vida de anaquel de carne de cerdo empacada en atmósfera modificada.

B. Específicos

1. Determinar el recuento total de bacterias de los cortes de carne en estudio durante un período de trece días de almacenamiento.

2. Determinar las características sensoriales (apariencia, olor y color) del los cortes de carne en estudio durante un período de trece días de almacenamiento.

3. Determinar la vida de anaquel de los cortes de carne en estudio sobre la base de los resultados microbiológicos y sensoriales que se obtengan.

VI. HIPÓTESIS

El tiempo de vida útil de cortes de carne de cerdo empacado en atmósfera modificada es mayor a 10 días.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Toda la producción de cortes de carne de cerdo empacados en atmósfera modificada, provenientes de una industria empacadora de carnes.

B. Muestra

5 bandejas de carne de cerdo (brazuelo o pierna) cada día del estudio, conformando un total de 35 muestras.

C. Tipo de estudio

El estudio incluyó dos partes:

1. Análisis microbiológico.

Consistió en un recuento total de bacterias en cada uno de los diferentes cortes de carne almacenados durante 13 días.

2. Análisis sensorial

Se realizó una prueba de diferencia pareada de los diferentes cortes de carne de cerdo almacenados durante 13 días.

D. Materiales

1. Instrumentos

a) Para recolección de datos – Formulario para la recolección de datos. Ver Anexo No.2

b) Para la tabulación de datos – Formulario para la tabulación de datos. Ver Anexo No.3

2. Instalaciones

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR-, Escuela de Química Biológica, de la Universidad De San Carlos De Guatemala y en el Laboratorio de Alimentos, Escuela de Nutrición, de la Universidad De San Carlos De Guatemala.

3. Recursos

a) Humanos

i. Personal de la empacadora.

ii. Personal de Laboratorio Microbiológico de Referencia – LAMIR-, Escuela de Química Biológica.

iii. Panel de jueces entrenados.

b) Educativos

i. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

ii. Biblioteca del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

4. Equipo y utensilios

- a) Computadora
- b) Impresora
- c) Equipo de oficina
- d) Hielera
- e) Refrigeradora marca Kenmore
- f) Balanza
- g) Utensilios a utilizar por el panel de análisis sensorial
- h) Utensilios de cocina (cuchillos, tabla de picar, recipientes)
- i) Cristalería
- j) Placas de Petri estériles
- k) Balanza semianalítica , sensibilidad 0.1 g marca Ohaus
- l) Campana bacteriológica UV marca Dalton
- m) Mezclador eléctrico
- n) Autoclave marca Sanyo
- o) Incubadora marca Sanyo a 36-37°C
- p) Stomacher Lab Blender 400
- q) Contador de colonias Québec marca Spencer
- r) Reactivos
- s) Medios de cultivo
- t) Mezcla gaseosa de 20% CO₂ y 80 % N₂.
- u) Cilindro: Tipo HP200 de acero, con especificaciones DOT completas y válvula CGA-580 (MAWP 2500 psi) llenado a 2000 psig, con tapón de enroscado.
- v) Regulador de un solo paso, con cuerpo de bronce y capacidad de regulación de 0-250 psi y conexión CGA-580.
- w) Equipo de vacío-gas-sellado para empaque en atmósfera modificada.
- x) Bandejas para empaque en atmósfera modificada.

y) Film para empaque en atmósfera modificada.

E. Metodología

1. Para determinar el número de muestra.

El número de muestra se determinó utilizando la siguiente fórmula estadística:

$$\Delta = 2\sigma$$

$$n_j = \frac{2 N_c^2}{4} = 0.5(N_c)^2 = 0.5(2.73)^2$$

$$n_j = 3.73 \approx 5 \text{ réplicas por día.}$$

En donde:

Δ = Límite de error

σ = Varianza

N_c = Nivel de confianza

Se determinó que se utilizarían 5 muestras por cada día de almacenamiento, conformando un total de 35 muestras del producto, es decir, que se obtuvo 35 unidades experimentales.

2. Para el muestreo.

El muestreo fue aleatorio. En la empacadora se seleccionaron al azar 5 bandejas del producto cárnico de cerdo empacado en atmósfera modificada, las cuales se almacenaron 0, 2, 4, 7, 9, 11, y 13 días. Cada bandeja contenía aproximadamente media libra del producto. De ella se utilizó 25 gramos

para realizar el análisis microbiológico y el resto se utilizó para el análisis sensorial.

3. Para el análisis microbiológico

Las bandejas de carne fueron obtenidas en la empacadora y transportadas en una hielera hasta las instalaciones del Laboratorio de Alimentos, de la Escuela de Nutrición, USAC., donde fueron almacenadas en refrigeración. Cada día de estudio se tomaron las muestras de estas bandejas refrigeradas.

Para realizar el Recuento Total de Bacterias Aerobias se utilizó el método que se describe en el Anexo No.4, el cual se usa como rutina en el Laboratorio –LAMIR-, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

4. Para el análisis sensorial

a) Preparación de muestras

i. Se extrajeron cortes de carne de bandejas con 0, 2, 4, 7, 9, 11 y 13 días de almacenamiento.

ii. De los cortes de carne se tomaron trozos de tamaño uniforme y con peso de 1 onza.

iii. Cada muestra fue colocada en un recipiente de vidrio transparente y cubierto con papel aluminio.

iv. Se identificó cada muestra con un código adecuado.

v. Las muestras se presentaron a temperatura ambiente, un tenedor plástico y el formulario de recolección de datos (Anexo No.5).

vi. Cada juez evaluó las muestras buscando diferencias entre las almacenadas y una muestra fresca.

b) Jueces

Los jueces fueron cuatro personas entrenadas en evaluación sensorial de alimentos.

c) Procedimiento

Se realizó una prueba de comparación pareada entre las muestras correspondientes al día 0 de almacenamiento y los días 2, 4, 7, 9, 11 y 13, evaluando las características de apariencia, color y olor.

5. Para el análisis de datos

a) Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por cada corte de carne de cerdo empacado en atmósfera modificada.

b) Se midió el efecto de un solo factor:

El empaque en atmósfera modificada sobre la vida útil de los productos en estudio.

c) Se considera un diseño completamente al azar.

d) Las pruebas se realizaron aleatoriamente.

e) Los datos microbiológicos obtenidos se analizaron por medio del test Kruskal-Wallis.

f) Para determinar si una muestra microbiológicamente es aceptable se utilizó los siguientes criterios microbiológicos:

i. Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$):
 $1 \times 10^5 / \text{g}$ (54).

ii. Recuento total de bacterias aerobias a 32°C en unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo: $n = 5$, $c = 2$, $m = 75000$, $M = 500000$.

En donde n = número de muestras que debe analizarse, c = número de muestras que se permite tengan un recuento mayor que m pero no mayor que M , m = recuento aceptable, M = recuento máximo permitido (13).

g) Con el fin de obtener más información sobre los microorganismos presentes en las muestras y por recomendación de LAMIR, las cajas utilizadas para el análisis microbiológico se dejaron en observación por 7 días adicionales. Se presumía la presencia de levaduras por el desarrollo de colonias color naranja en las cajas. También existían colonias de color amarillo y negro. A estas colonias de bacterias se les realizó tinciones con Azul de Lactofenol y Gram, con el fin de observar la morfología de las bacterias y confirmar la presencia de levaduras en las muestras.

h) También se incubó algunas muestras en condiciones de aerobiosis y en microaerofilia. Esto con el fin de observar si al disminuir la cantidad de oxígeno disponible e incrementar la cantidad de CO_2 , se favorecía el incremento del crecimiento bacteriano.

i) Los datos de la evaluación sensorial se analizaron por medio de estadística no paramétrica y Prueba de Friedman.

j) El criterio para determinar el final de la vida útil fue el día de la aparición de características sensoriales o microbiológicas diferentes a la carne fresca.

VIII. RESULTADOS

A. Análisis Microbiológico

Las muestras empacadas en atmósfera modificada presentaron un Recuento Total de Bacterias Aerobias entre 10 y 150 UFC/g, tal como se observa en la Tabla No.9

TABLA No.9

**RECuento TOTAL DE BACTERIAS AEROBIAS(UFC/g)
EN CARNE FRESCA DE CERDO EMPACADA EN ATMOSFERA MODIFICADA
Y REFRIGERADA DURANTE 13 DIAS
Guatemala, junio de 2004**

No. DE MUESTRA	DIA						
	0	2	4	7	9	11	13
1	30	50	100	50	50	<10	10
2	30	50	100	50	50	<10	10
3	40	50	130	150	50	10	<10
4	40	50	130	150	50	<10	10
5	30	50	150	50	40	<10	10

A pesar que existe diferencia significativa, todos los resultados de las muestras son microbiológicamente aceptables.

Por medio de la prueba de Kruskal-Wallis ($p = 0.0001$) se determinó que solamente existe diferencia significativa en los Recuentos Totales de Bacterias, entre el día 4 y el día 0 ($p < 0.05$), siendo mayor en el día 4.

Las colonias coloreadas que se desarrollaron en las cajas, presentaron las características que se indican en la siguiente tabla.

TABLA No. 10

**CARACTERISTICAS DE MICROORGANISMOS
AISLADOS EN CARNE FRESCA DE CERDO EMPACADA EN ATMOSFERA
MODIFICADA Y REFRIGERADA DURANTE 13 DIAS
Guatemala, junio de 2004.**

COLOR DE LA COLONIA AISLADA	MORFOLOGIA OBSERVADA	TINCION GRAM
• Colonia color naranja	Estructuras levaduriformes	Grampositivas
• Colonia negra	Cocos en racimos pequeños	Gramnegativos
• Colonia amarilla	Cocos en racimos grandes	Grampositivos

Por la apariencia "ligosa" que presentaban las muestras en estudio se realizaron cultivos en agar Cetrimida para tratar de aislar *Pseudomonas* spp.; sin embargo no se obtuvo crecimiento alguno debido a que las bacterias de este género son psicrótrofas aerobias.

El almacenamiento en condiciones de aerobiosis estimuló el crecimiento de bacterias, no así cuando se almacenó en microaerofilia.

B. Análisis Sensorial

La característica sensorial que presenta las mayores diferencias a lo largo de 13 días de observación, fue el olor; luego el color y la apariencia, tal como se observa en la Tabla No.11.

TABLA No. 11

**COMPARACIÓN PAREADA DE CARNE FRESCA DE CERDO EMPACADA EN ATMÓSFERA MODIFICADA Y REFRIGERADA DURANTE 13 DIAS
Guatemala, junio de 2004**

	CARÁCTERÍSTICA EVALUADA	NO HAY DIFERENCIA	DIFERENCIA PEQUEÑA	DIFERENCIA MODERADA	GRAN DIFERENCIA	TOTAL
COMPARACIÓN 0-2	APARIENCIA	1	2	8	9	20
	COLOR	0	3	10	7	20
	OLOR	5	7	5	3	20
COMPARACIÓN 0-4	APARIENCIA	2	8	4	6	20
	COLOR	2	6	3	7	20
	OLOR	5	10	3	2	20
COMPARACIÓN 0-7	APARIENCIA	1	8	9	2	20
	COLOR	2	8	7	3	20
	OLOR	5	6	6	3	20
COMPARACIÓN 0-9	APARIENCIA	2	6	8	4	20
	COLOR	1	8	7	4	20
	OLOR	2	12	3	3	20
COMPARACIÓN 0-11	APARIENCIA	2	10	4	4	20
	COLOR	4	7	5	4	20
	OLOR	7	6	7	2	20
COMPARACIÓN 0-13	APARIENCIA	1	6	8	5	20
	COLOR	1	4	6	7	20
	OLOR	0	4	9	7	20

La Prueba de Friedman indica que no existe diferencia significativa en olor ($p=0.0961$), color ($p=0.3870$) y apariencia ($p=0.5649$). Al colocar en orden ascendente los valores obtenidos, se observa que es el olor la característica que cambió primero, después el color y por último apariencia, aunque dichas diferencias no fueron significativas (Tabla No. 12).

TABLA No.12

**VALORES "p" OBTENIDOS POR LA PRUEBA DE FRIEDMAN
PARA ANALISIS SENSORIAL DE CARNE FRESCA DE CERDO EMPACADA
EN ATMOSFERA MODIFICADA Y REFRIGERADA DURANTE 13 DIAS
Guatemala, junio de 2004.**

CARACTERISTICA ORGANOLÉPTICA EVALUADA	VALOR p
• OLOR	0.0961
• APARIENCIA	0.3870
• COLOR	0.5649

C. Determinación de Vida de Anaquel

Partiendo de los resultados obtenidos del análisis estadístico de las variables microbiológicas y sensoriales, en los cuales no se encontró diferencia significativa, entre las muestras almacenadas y la muestra fresca, se determinó que la vida de anaquel del producto estudiado es mayor a 13 días.

IX. DISCUSION DE RESULTADOS

Los cortes de carne de cerdo estaban empacados en atmósfera modificada (20% CO₂ y 80% N₂) y fueron proporcionados por una empresa empacadora de productos cárnicos.

A. Análisis Microbiológico

En la Tabla No. 9 se puede observar que en los días 4 y 7 se obtuvieron los valores más altos de recuentos de bacterias. Sin embargo, debe hacerse notar que estos resultados pertenecen a muestras independientes, por lo que podrían reflejar diferencias en materia prima, procesamiento o empaque.

Es importante hacer notar que a pesar del incremento en los recuentos bacterianos iniciales, éstos y los obtenidos al final del estudio, son más bajos que los valores reportados en la literatura como límites microbiológicos, es decir, que microbiológicamente son aceptables.

Los resultados obtenidos en los procedimientos microbiológicos que se realizaron como complemento (Tabla No.12) no permiten la identificación de los microorganismos aislados, solamente permite su clasificación, además debe tomarse en cuenta que éste no fue un objetivo del presente estudio y que se analizó solamente una muestra.

Para futuras investigaciones puede tomarse en cuenta que quizás las colonias aisladas correspondan a bacterias lácticas, enterobacterias o *Brochothrix thermosphacta* (microorganismo responsable de alteración de carne de cerdo) que son menos sensibles al CO₂.

Asensio (5) indica que cuando se enriquece la atmósfera con un 20% de CO₂, independientemente de la concentración de O₂, la vida útil de la carne puede ampliarse hasta, al menos, 20 días dado que su tasa de crecimiento microbiano es menor que el nivel al que comienzan a percibirse los olores anómalos. Sin embargo, Cryovac indica que la vida útil de la carne empacada con una atmósfera modificada enriquecida con un 20% de CO₂, es de 8 a 14 días dependiendo del corte, edad y calidad del producto, sanitización de la planta y el control de calidad (22).

De acuerdo con los resultados microbiológicos obtenidos se determinó que la vida de anaquel del producto estudiado es mayor a 13 días.

B. Análisis Sensorial

Los cambios sensoriales identificados pueden deberse a levaduras que se desarrollan en las superficies de las carnes, produciendo una película superficial viscosa, lipólisis, olores y sabores extraños y coloraciones anormales causadas por los pigmentos de las levaduras. El color verde observado los días 11 y 13 de almacenamiento, puede deberse al crecimiento de bacterias lácticas que incluyen cocos del género *Leuconostoc*. También se ha asociado a algunas bacterias lácticas productoras de SH₂ que causan alteraciones indeseables de color, olor y sabor en carnes. Estas bacterias pueden provocar viscosidad superficial o profunda, producción de color verde y agriado. Los olores identificados al abrir el empaque se han relacionado con la presencia de especies *Clostridium* (62).

Las muestras de carne que evaluaron los jueces originalmente presentaban diferencias en color y apariencia; a pesar que se seleccionó un mismo tipo de corte, existían áreas de diferente color (pálidas, rosas y rojizas) y algunos cortes presentaban más tejido conectivo que otros. Estas diferencias de origen pueden

deberse al sexo y edad del animal. Los resultados de las evaluaciones realizadas por el panel de jueces presentan variabilidad que puede reflejar dichas diferencias de origen, por lo que los cambios detectados no necesariamente reflejan cambios sensoriales ocurridos en almacenamiento.

Los cambios de color ocurridos no pueden atribuirse a la formación de metamioglobina debido a que este fenómeno no se produce en mezclas gaseosas con 20% de CO₂ (5).

Los cambios en el olor fueron percibidos por el panel de jueces más que los cambios de color y apariencia. Al contrastar las observaciones de los jueces con las realizadas por la investigadora, se puede decir que son más evidentes los cambios cuando se analiza una bandeja, que cuando se analiza una muestra de una onza. Por esta razón se recomienda presentar las bandejas de carne selladas, tal como las apreciará el consumidor y que sea el mismo juez quien abra el empaque.

Lo mismo ocurrió en el caso de la apariencia, ya que al preparar las muestras se tuvo la oportunidad de manipularlas y detectar cambios que no fueron reportados por el panel de jueces.

X. CONCLUSIONES

1. Los Recuentos Totales de Bacterias de carne de cerdo empacada en atmósfera modificada, son significativamente mayores ($p < 0.05$) en el día 4 de almacenamiento.
2. Los Recuentos Totales de Bacterias de todas las muestras analizadas se mantuvieron dentro de los límites permitidos, durante los 13 días de almacenamiento.
3. No existe diferencia significativa en el olor, color y apariencia de carne de cerdo empacada en atmósfera modificada, almacenada durante 13 días.
4. La vida de anaquel de carne de cerdo empacada en atmósfera modificada con una mezcla gaseosa compuesta por 20% CO₂ y 80% N₂, es mayor a 13 días.

XI. RECOMENDACIONES

1. En estudios futuros se recomienda incluir Recuentos Totales de Bacterias Anaeróbicas.
2. Verificar que los cortes de carne a estudiar sean lo más homogéneos posibles en color y apariencia.
3. En la evaluación sensorial, utilizar bandejas selladas que contengan la carne, en lugar de muestras de una onza, de manera que los jueces evalúen las características del producto tal como se le presentarán al consumidor.
4. Incluir una calificación total del producto como parte de evaluación sensorial.
5. Realizar otras pruebas microbiológicas más específicas que permitan identificar las bacterias alterantes del producto.

XII. REFERENCIAS

1. www.abc-pack.com
2. Adams, J.R. 1972. Effect of controlled gas atmospheres and temperatures on quality of packaged pork. *Journal of Food Science*. (US). 37:869-872.
3. Alvarez, J.C. 2002. Estudios de vida de anaquel en el laboratorio de control de calidad. *Industria y Alimentos*. (GT). 5(17):28-31.
4. Anzueto, C.R. 2002. Métodos de determinación de vida útil de alimentos procesados. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 5(17):12-20.
5. Asensio, M.A., Ordóñez, J.A. y Sanz, B. 1987. Conservación de la carne de cerdo refrigerada en atmósferas controladas enriquecidas en dióxido de carbono y oxígeno. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. (US). 27(3):389-397.
6. _____ . 1988. Effect of carbon dioxide and oxygen enriched atmospheres on the shelf-life of refrigerated pork packed in plastic bags. *Journal of Food Protection*. (US). 51(5):356-360.
7. Barrios, E.X. 2000. Jueces analíticos sensoriales como instrumento de medición en la evaluación sensorial. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 2(8):44-47.
8. Bender, A.E. 1984. *Dictionary of Nutrition and Food Technology*. 5a.ed. England, Butterworths. 309 p.

9. Bravatty, B. 2000. Análisis sensorial: una disciplina moderna - una disciplina científica. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 2(8):13-20.
10. Brecht, P.E. 1980. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. *Food Technology*. (US). 34(3):45-50
11. Clark, D.S. Los gases como conservadores. In *Ecología Microbiana de los Alimentos*. Zaragoza, Acribia. v.1 pp. 178-198.
12. (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1982. Salchichas a granel y salchichas enlatadas. In *Carne y productos cárnicos*. Norma Guatemalteca Obligatoria. Guatemala, COGUANOR NGO 34 131. pp. 1-8.
13. (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1984. Análisis microbiológico. Recuento total de microorganismos aerobios a 32°C y a 10°C. Norma Guatemalteca Obligatoria. Guatemala, COGUANOR NGO 34 125 h13. pp. 1-6.
14. (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1985. Análisis microbiológico. Detección y recuento de enterobacterias. Norma Guatemalteca Obligatoria. Guatemala, COGUANOR NGO 34 125 h28. pp. 1-9
15. (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1994. Embutidos cocidos, ahumado y cocidos y ahumados. Especificaciones. In *Carne y productos cárnicos*. Norma Guatemalteca Obligatoria. Guatemala, COGUANOR NGO 34 130:94. pp. 2-8.
16. www.consumer.es

17. Costell, E. 1983. El equipo de catadores como instrumento de análisis. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. (ES). 23(1):1-20.
18. _____. 2000. Análisis sensorial: evolución, situación actual y perspectivas. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 2(8):34-39.
19. _____ y Durán, L. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de alimentos. I. Introducción. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. (ES). 21(1):1-11.
20. _____. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de alimentos. II. Planteamiento y planificación: selección de pruebas. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. (ES). 21(2):149-166.
21. www.cryovac.com
22. Cryovac Inc. Sealed Air Corporation. 1999. Case-ready high-oxygen modified atmosphere packaging critical control points. USA, pp. 37-70.
23. www.daneprarie.com
24. www.degesa.com
25. De la Torre, A. 2000. La evaluación sensorial en el control de la calidad. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 2(8):40-42.
26. Djenane, D., et al. 2001. Extension of the retail display life of fresh beef packaged in Modified atmosphere by varying lighting conditions. *Journal of Food Science*. (US). 66(1):181-186.

27. Elías, L. 1999. Cambios bioquímicos y fisiológicos post-cosecha de frutas y hortalizas y post-mortem de carne y su efecto sobre la calidad del alimento. *Industria y Alimentos*. (GT). 2(5):31-35.
28. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Política Alimentaria. 1986. Manual de Legislación para la Inspección de Calidad de Alimentos. España, MAPA. 131p.
29. España. Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría General para el Consumo. 1985. Reglamentaciones Técnicas Sanitarias RTS, Normas Generales de Calidad NGS. *In* El Código Alimentario Español y su Desarrollo Normativo. España, MSC. Vol.II pp. 3-4.
30. Farber, J.M. 1991. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology – a review. *Journal of Food Protection*. (US). 54(1):58-70.
31. _____. 1991. Microbiology of pork packaged in various gas atmospheres. *Journal of Food Protection*. (US). 42(4):323-327.
32. Fletcher, G.C. et al. 2002. Spoilage of king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) fillets stored under different atmospheres. *Journal of Food Science*. (US). 67(6):2362-2374.
33. Frazier, W.C. 1976. Contaminación, conservación y alteración de la carne y sus productos. *In* Microbiología de los Alimentos. Trad. por Ma. victoria Medarde A. 2ª. ed. España, Acribia. pp. 250-279.

34. García, T., et al. 1995. Revisión: Extensión de la vida útil de la carne fresca. I: envasado en atmósferas modificadas y utilización de bacterias lácticas y bacteriocinas. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. (ES). 35(1):1-18.
35. Hintlian, C.B. 1986. The safety of modified atmosphere packaging: a review. *Food Technology*. (US). 40(12):70-76.
36. _____ y Hotchkiss, J.H. 1987. Microbiological and sensory evaluation of cooked roast beef packaged in a modified atmosphere. *Journal of Food Processing and Preservation*. (US). 11:171-179.
37. Hotchkiss, J.H. 1988. Experimental approaches to determining the safety of food packaged in modified atmospheres. *Food Tecnology*. (US), 42(9):55-64.
38. www.ingenieroscr.com
39. Jay, J.M. 1994.. *Microbiología moderna de los alimentos*. Trad. Manuel Ramis Vergés. 3a. ed. España, Acribia, S.A. 804 p.
40. Jenkins, W.A. y Harrington, J.P. 1991. The chemistry and manufacture of polymers used in packaging. *In* *Packaging Foods with Plastics*. USA, Technomic Publishing Co., Inc. pp. 35-63.
41. Kuntz, L.A. 1993. *Sensory analisis anb shelf life testing, QA/QC*. Food Product Design.
42. Labuza, T.P. 1982. *Food and your Well-Being*. USA, West Publishing Co. 426 p.

43. _____. 1982. Shelf-life dating of foods. USA, Food & Nutrition Press Inc. 500 p.
44. _____. 1989. Applications of “active packaging” for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. *Journal of Food Processing & Preservation*. (US). 13 (1):1-69.
45. _____. 1992. Prediction for shelf life and safety of minimally processed CAP/MAP chilled foods: a review. *Journal of Food Processing & Preservation*. (US). 55 (9):741-750.
46. Lawlis, T.L. y Fuller, S. 1990. Modified-atmosphere packaging incorporating an oxygen-barrier shrink film. *Food Technology*. (US). 44(6):124.
47. Lioutas, T.S. y Fuller, S. 1988. Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: a food company's. *Food Technology*. (US).42(9):78-86.
48. Manu-Tawiah, W. 1991. Extending the color stability and shelf life of fresh meat. *Food Tecnology*. (US). 45(3):94-102.
49. Marín, Z.R. 1999. Higiene y conservación de los alimentos. In *Elementos de Nutrición Humana*. Costa Rica, EUNED. Vol.v. pp. 27-31.
50. Molina, S. Empaque en atmósfera modificada y el uso de atmósferas controladas. Guatemala, Messer de Centroamérica. pp. 1-15 (Publicaciones Técnicas).

51. _____. 2002. Beneficios y potencial del empaque en atmósfera modificada. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT). 4(14):24-29.
52. Morton, R.D. 2001. Aerobic Plate Count. In Pouch, F. e Ito, K. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4a. ed. USA, American Public Health Association. pp. 63-69
53. www.old.clarin.com.ar
54. www.owner-termilat@funredes.org
55. Pascual, M.R. 1992. Derivados cárnicos. In *Microbiología Alimentaria. Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas*. Madrid, Díaz de Santos, S.A. pp. 151-160.
56. Pedrero, D.L. 2000. La evaluación sensorial como herramienta para la toma de decisiones. *Industria y Alimentos, Internacional*. (GT).2(8):21-29.
57. Randell, K. 1995. Modified atmosphere packaged marinated chicken breast and rainbow trout quality as affected by package leakage. *Journal of Food Science*. (US). 60(4):667-684.
58. Seideman, Z., et al. 1979. Physical and sensory characteristics of pork packaged in various gas atmospheres. *Journal of Food Protection*. (US). 42(4):317-322.
59. Shapton, D.A. y Shapton, N.F. 1998. *Principles and practices for the safety processing of foods*. Cambridge, Woodhead Publishing Limited. pp. 457.

60. Silliker, J.H. 1980. Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meats. *Food Technology*. (US). 34(3):59-63.
61. www.tarwi.lamolina.edu
62. Tompkin, R.B., McNamara, A.M. y Acuff. 2001. Meat and Poultry products. In Pouch, F. e Ito, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4a. ed. USA, American Public Health Association pp. 463-471.
63. Williams, A., Blackburn, C. y Gibbs, P.A.1995. Advances in the use of predictive techniques to improve the safety and extend the shelf life of foods. *Food Science and Technology Today*. (US). 6(3):148-151.
64. Witting, E. 1997. Evaluación sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos. Chile, Usach. pp. 45-65.
65. Wolfe, S.K. 1980. Use of CO- and CO₂- enriched atmospheres for meats, fish, and produce. *Food Technology*. (US). 34(3):55-58.
66. Young, L.L, et al. 1988. Fresh red meats: a place to apply modified atmospheres. *Food Technology*. (US). 42(9):65-69.
67. Zagory, D. y Kadel, A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*. (US). 42, (9):70-77.

XIII. ANEXOS

ANEXO No. 1

PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL RECOMENDADOS PARA EL EMPAQUE EN ATMÓSFERA MODIFICADA ALTA EN OXÍGENO

PUNTO DE CONTROL	ESPECIFICACIONES
<ul style="list-style-type: none">• Productos Crudos	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar el producto entrante, no utilizar productos decolorados2. Monitorear la temperatura del producto, según los siguientes datos: Carne de cerdo → 34 °F o menos, preferiblemente 29-32 °F , de 2 a 3 días postmórtem, o menos Carne de res → 34 °F o menos, preferiblemente 29-32 °F , de 5 a 7 días postmórtem, o menos Carne molida → 34 °F o menos, preferiblemente 29-32 °F , en un período menor a 48 horas postmórtem .3. El conteo microbiológico inicial deberá ser 10^3 microorganismos / g o menor sobretodo en productos crudos.4. El conteo microbiológico inicial deberá ser 10^3 microorganismos / g o menor sobretodo en productos crudos.5. Registrar los datos sobre el producto (origen, fecha de recepción, temperatura, fecha de envasado, etc.) de manera que el producto pueda ser monitoreado por el sistema6. El enfriador deberá mantener una temperatura de 29 a 32°F
<ul style="list-style-type: none">• Fabricación	<ol style="list-style-type: none">1. Organizar por el día antes del inicio.2. Utilizar guantes de vinyl para manipular los productos.3. Cortar y empacar el producto en 20 minutos o menos.4. Evitar apilar los productos.5. Evitar manipular o moler el producto más de lo necesario.6. Cortar el producto ya deshuesado antes del producto con huesos.
<ul style="list-style-type: none">• Empacado	<ol style="list-style-type: none">1. Los empaques deben ser llenados con la mezcla de gases que sea mayor que 65% de O₂ después del equilibrio (preferiblemente 80% O₂ y 20% de CO₂). Los empaques deben ser revisados después de 24 horas para asegurar niveles de gases adecuados.2. La relación entre gas y producto debe ser aproximadamente 1.0 cc de gas por gramo de carne.3. Evitar sobrellenar las bandejas.4. Evitar mezclar cortes de carnes magros con diferencias de color (usual en cerdo).5. Realizar una inspección final del producto, de sus condiciones, integridad del empaque, etiquetado, código y fecha.6. Establecer un sistema de control de escapes de gas y asegurar un adecuado fluido de gas.7. Evitar la sobre presión de los empaques, demasiada presión puede dañar el sello y producir escapes, especialmente en el embarque.

Continuación del Anexo No.1

PUNTO DE CONTROL	ESPECIFICACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Finalización del Proceso de Empaque 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar en las cajas el código, fecha y etiquetar "lado hacia arriba". 2. La temperatura de enfriamiento debe ser de 29 a 32 °F (no congelar la carne). 3. La temperatura del producto debe ser 29 °F antes del embarque. 4. Identificar la fuente de escapes recurrentes (por ejemplo, film, equipo, etc.) y corregir el problema inmediatamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Músculo Entero 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generalmente, la vida total del producto es 10 a 13 días. 2. El deterioro del sabor se debe a la rancidez oxidativa. 3. Efecto bacteriostático de la mezcla gaseosa 80% O₂ y 20% de CO₂.

FUENTE: (22).

ANEXO No. 2

FORMULARIO DE REPORTE DE RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO *RECUENTO TOTAL DE BACTERIAS*

FECHA: _____

TIPO DE PRODUCTO: _____

DÍA DE ALMACENAMIENTO: _____

No. DE MUESTRA	UFC / g
1	
2	
3	
4	
5	

ANEXO No. 3

**FORMULARIO PARA LA TABULACIÓN DE DATOS
RECUENTO TOTAL DE BACTERIAS (UFC/g) POR PRODUCTO EN
LOS DIFERENTES TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO**

TIPO DE PRODUCTO: _____

No. DE MUESTRA	DÍA 0	DÍA 2	DÍA 4	DÍA 7	DÍA 9	DÍA 11	DÍA 13
1							
2							
3							
4							
5							

ANEXO No. 4

METODOLOGÍA PARA REALIZAR RECUENTO TOTAL DE BACTERIAS

A. Reactivos

- Agua peptona al 0.1%
- Agar plate count agar (PCA)
- Cromocult

B. Procedimiento

1) Pesar asépticamente 25 gramos de la muestra en una bolsa especial para digestor, agregar 225 ml de agua peptonada al 0.1% estéril, homogenizar por 2 minutos. A partir de esta dilución, se preparan otras diluciones decimales en base al conocimiento sobre la concentración de bacterias que tiene el producto.

2) Para realizar el vertido en placa, utilizando una pipeta estéril de 1 ml, se toma 1 ml de cada una de las diluciones elaboradas y se vierte en placas de Petri, en duplicado y debidamente rotuladas.

3) A cada placa se le vierte 15 ml de PCA licuado y a una temperatura de 40°C, mezclándolo uniformemente con la dilución sembrada.

4) Dejar solidificar el medio de cultivo.

5) Incubar las placas en forma invertida (tapadera hacia abajo) durante 24 horas a 35 °C ± 1 °C.

6) Realizar el conteo de microorganismos utilizando un contador de colonias Québec. Los resultados se reportan como Unidades Formadoras de Colonias por gramo de alimento (UFC/g). El cómputo final se expresa en base a cifras de 3 dígitos (14).

ANEXO No. 5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE NUTRICIÓN

EVALUACIÓN SENSORIAL DE CORTES DE CARNE FRESCA DE CERDO (COMPARACIÓN: _____)

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Sírvase indicar si hay diferencias entre el par de muestras que se le presentan y el grado de diferencia existente. Marque con una (x) lo que corresponda.

PAR 0 - 521	NO HAY DIFERENCIA	DIFERENCIA PEQUEÑA	DIFERENCIA MODERADA	GRAN DIFERENCIA
➤ EVALUACIÓN DE OLOR				
➤ EVALUACIÓN DE COLOR				
➤ EVALUACIÓN DE APARIENCIA				

PAR 0 - 624	NO HAY DIFERENCIA	DIFERENCIA PEQUEÑA	DIFERENCIA MODERADA	GRAN DIFERENCIA
➤ EVALUACIÓN DE OLOR				
➤ EVALUACIÓN DE COLOR				
➤ EVALUACIÓN DE APARIENCIA				

PAR 0 - 813	NO HAY DIFERENCIA	DIFERENCIA PEQUEÑA	DIFERENCIA MODERADA	GRAN DIFERENCIA
➤ EVALUACIÓN DE OLOR				
➤ EVALUACIÓN DE COLOR				
➤ EVALUACIÓN DE APARIENCIA				

PAR 0 - 478	NO HAY DIFERENCIA	DIFERENCIA PEQUEÑA	DIFERENCIA MODERADA	GRAN DIFERENCIA
➤ EVALUACIÓN DE OLOR				
➤ EVALUACIÓN DE COLOR				
➤ EVALUACIÓN DE APARIENCIA				

PAR 0 - 346	NO HAY DIFERENCIA	DIFERENCIA PEQUEÑA	DIFERENCIA MODERADA	GRAN DIFERENCIA
➤ EVALUACIÓN DE OLOR				
➤ EVALUACIÓN DE COLOR				
➤ EVALUACIÓN DE APARIENCIA				

OBSERVACIONES:

Claudia Rosario Menchú Rosal de Salazar
AUTORA

MA. Elsa Julieta Salazar de Ariza
ASESORA

MSc. Silvia Rodríguez de Quintana
DIRECTORA ESCUELA DE NUTRICIÓN

MSc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
DECANO