



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE QUÍMICA**

**CONSERVACIÓN DE CARNE DE CONEJO EMPACADA A
VACÍO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA:

BETHSUA MENDOZA MENDOZA

ASESORES:

DRA. EVA MARÍA SANTOS LÓPEZ
DRA. ARMIDA ZÚÑIGA ESTRADA

Pachuca de Soto, Hidalgo 2008





Este trabajo se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, bajo la asesoría de la Dra. Eva María Santos López y la Dra. Armida Zúñiga Estrada.

El proyecto fue apoyado por la **FUNDACIÓN HIDALGO PRODUCE** a través del Convenio “Asesoría y estudio de vida de anaquel de carne de conejo”.

Un agradecimiento a la cooperativa “Mujeres de Cacaloapan, SC de CV” y en especial a Hedy Elizondo Uribe, demandantes del estudio, que mostraron en todo momento una gran disposición y entusiasmo por el desarrollo del proyecto.



AGRADECIMIENTOS

En estos momentos cuando por fin veo realizado uno de los sueños más importantes en mi vida solo puedo agradecer a Dios porque gracias a él he podido hacerlo.

Porque él me ha llenado de bendiciones, primeramente por dejarme nacer y crecer conociendo su palabra y por darme una familia maravillosa.

Me dio unos padres como ningunos, unos padres que por sobre todas las cosas y a pesar de todos mis errores me cuidan, me ayudan y me dan todo su amor, que me enseñaron la responsabilidad, generosidad, bondad, honestidad, dedicación, fortaleza, audacia y tantas otras cosas, en las que se ha basado toda mi vida.

A mi padre le agradezco por siempre tener un consejo cuando más lo necesito, porque aunque él no lo supiera sus palabras cambiaban todo mi panorama o hacían que lo más difícil pasara rápidamente, gracias por enseñarme con tu ejemplo que la dedicación al trabajo nos deja grandes satisfacciones y también gracias por darme todo, por trabajar tanto para que no me faltara nada.

A mi mamá, mil gracias porque siempre tiene tiempo para mí, siempre me apoya y me ayuda en todo, porque me cuida y siempre me da todo lo que necesito, y que también me da consejos aunque con su propio estilo, pero no menos valioso. Porque me enseñó a ser trabajadora, y a luchar por hacer todo lo que quieres, pero sobre todo gracias por ser mi amiga y por escucharme.

A mis hermanos, con los que he crecido y compartido grandes momentos y con los que he hecho infinidad de cosas, con ellos he aprendido que los mejores amigos se hacen en la familia porque entre nosotros compartimos cosas de nuestras vidas y nos ayudamos en todo y aunque tenemos ratos malos siempre gana nuestro amor.

También quiero agradecer porque Dios ha permitido que yo conozca a gente verdaderamente valiosa de las que también he aprendido mucho, que me han ayudado en gran manera a realizar mis metas.

A la doctora Eva, una mujer entusiasta, e inteligente que siempre me ha ayudado y me ha apoyado en todo lo que he necesitado y de la que he tratado de aprender lo más posible, gracias por siempre darme ánimos, y sobre todo porque he sentido su cariño hacia mí.

Por último quiero agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera han intervenido en mi vida y me han apoyado, y que de una forma u otra me han facilitado las cosas que he tenido que hacer, y que tal vez sin su ayuda todo lo que soy y lo que he logrado no hubiera sido posible.

ÍNDICE

| | PÁGINA |
|---|--------|
| ÍNDICE | I |
| ÍNDICE DE FIGURAS | III |
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| 1.1 Razas de conejo | 1 |
| 1.2 Carne de conejo | 3 |
| 1.3 Procesamiento de la carne de conejo | 5 |
| 1.3.1 Transporte de animales | 6 |
| 1.3.2 Sacrificio y evisceración | 7 |
| 1.3.3 Almacenamiento | 11 |
| 1.4 Composición química de la carne | 13 |
| 1.5 Deterioro de la carne | 16 |
| 1.6 Conservación mediante la aplicación de atmósferas modificadas | 25 |
| 1.6.1 Gases utilizados en MAP | 27 |
| 1.7 Producción de carne de conejo | 41 |
| 1.7.1 Producción de carne de conejo en México | 43 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 45 |
| 3. OBJETIVOS | |
| 3.1 Objetivo general | 46 |
| 3.2 Objetivos específicos | 46 |
| 4. MATERIAL Y MÉTODOS | |
| 4.1 Muestras | 47 |
| 4.2 Análisis microbiológico | 49 |
| 4.3 Determinación de pH | 57 |
| 4.4 Análisis sensorial | 58 |
| 4.5 Análisis estadístico | 61 |

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Conservación de muestras almacenadas a 8°C 62

5.2 Conservación de muestras almacenadas a 4°C 72

6. CONCLUSIONES 80

7. BIBLIOGRAFÍA 81

ÍNDICE DE FIGURAS

| | PÁGINA |
|---|--------|
| Figura 1. Conejos. | 1 |
| Figura 2. Desnucado | 8 |
| Figura 3. Degüello. Sangrado | 8 |
| Figura 4. Proceso de eviscerado y desprendimiento de la piel | 9 |
| Figura 5. Partes del despiece de la canal | 10 |
| Figura 6. Despiece de la canal en dos partes | 10 |
| Figura 7. Principales países productores de carne de conejo para el año 2005 | 41 |
| Figura 8. Condiciones de transporte de la canal para el despiece | 47 |
| Figura 9. Obtención de medias canales. | 48 |
| Figura 10. Corte de la carne para el análisis microbiológico. | 49 |
| Figura 11. Diagrama para la determinación de <i>Salmonella</i> . | 54 |
| Figura 12. Puntos para la toma de pH. | 57 |
| Figura 13. Ficha de cata utilizada para la prueba triangular. | 59 |
| Figura 14. Ficha de cata para la evaluación de aspecto visual y olor. | 60 |
| Figura 15. Ficha de cata para la evaluación de sabor y olor de carne cocinada. | 60 |
| Figura 16. Valores de pH de carne de conejo almacenada a 8 °C en condiciones aerobias y a vacío. | 63 |
| Figura 17. Desarrollo de los análisis microbiológicos durante el almacenamiento a 8 °C. a) condiciones aerobias b) a vacío | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 18. Desarrollo de <i>Pseudomonas</i> en carne de conejo empacada a vacío y en condiciones aerobias a 8 °C. | 67 |
| Figura 19. Desarrollo de bacterias ácido lácticas en carne de conejo almacenada en condiciones aerobias y al vacío a 8 °C. | 69 |
| Figura 20. Valores de pH de carne de conejo almacenada a 4 °C en condiciones aerobias y a vacío. | 73 |
| Figura 21. Desarrollo de los resultados de los análisis microbiológicos para las muestras almacenadas a 4 °C. a) condiciones aerobias b) a vacío | 74 |
| Figura 22. Desarrollo de <i>Pseudomonas</i> para las muestras almacenadas en condiciones aerobias y a vacío a 4 °C. | 75 |
| Figura 23. Desarrollo de BAL en carne de conejo almacenada en condiciones aerobias y al vacío a 4 °C. | 76 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | PÁGINAS |
|---|---------|
| Tabla 1. Producción de carne de diferentes especies domésticas. | 4 |
| Tabla 2. Categorías de las canales de conejo | 12 |
| Tabla 3. Composición química de la carne de conejo en comparación con otros tipos de carne | 13 |
| Tabla 4. Contenido de colesterol de diferentes productos | 15 |
| Tabla 5. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar | 27 |
| Tabla 6. Principales productores en el mundo de carne de conejo | 42 |
| Tabla 7. Distribución de los paquetes para el almacenamiento. | 48 |
| Tabla 8. Composición del medio STAA del CM0881 agar base para <i>B. thermosphacta</i> . | 51 |
| Tabla 9. Concentración de antibióticos del suplemento integrado al medio para la determinación de <i>B. thermosphacta</i> . | 52 |
| Tabla 10. Resultados del análisis microbiológico y de pH para las muestras almacenadas en condiciones aerobias y a vacío a 8 °C. | 62 |
| Tabla 11. Resultados de la prueba triangular. | 70 |
| Tabla 12. Resultados del análisis microbiológico y de pH para las muestras almacenadas en condiciones aerobias y a vacío a 4 °C. | 72 |
| Tabla 13. Resultados de la prueba descriptiva | 78 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. RAZAS DE CONEJO

El conejo es un mamífero popular de mediano tamaño, pelo suave y corto, orejas largas y rabo corto, es una especie fundamentalmente crepuscular y nocturna (Figura 1). Pertenece al orden: Lagomorfos, familia: Lepóridos, género: *Oryctolagus*, especie: *cuniculus* (Echeberri, 2006).



Figura 1. Conejos

En México se explotan, en la actualidad, aproximadamente 10 razas de conejos, entre ellas: Nueva Zelanda Blanco, California, Satinado, Rex, Negro Azteca, Gigante de Flandes, Holandés y algunas razas enanas. En la producción de traspatio se crían frecuentemente conejos criollos con buenos resultados. La mayor parte de estas razas se utiliza para la producción de carne. Los conejos se agrupan dependiendo su propósito de producción en razas de carne, piel y pelo (SAGARPA, 2006).

Razas utilizadas para la producción de carne

Nueva Zelanda: es considerada productora de carne; cuerpo de longitud media, caderas bien redondeadas, lomos y costillas bien llenas, dirigidos hacia adelante, carne firme, espalda carnosa a ambos lados de la columna, el vientre firme y libre de apariencias abultadas. Los machos llegan a pesar 10 Lb. y las hembras 11 Lb. Existen diferentes variedades de la Nueva Zelanda como son: negra, roja y blanca (Echeberri, 2006).

California o ruso Grande: es de longitud media con hombros bien desarrollados y patas traseras con buena profundidad, el pelaje debe recobrar su posición normal inmediatamente cuando se le sobe en cualquier dirección (buena textura). La nariz, orejas, extremidades y cola deben ser coloreadas tan negro como sea posible. El color del cuerpo debe ser blanco puro, sin color en la nariz, orejas, extremidades y cola (Echeberri, 2006).

Mariposa o manchado inglés: existen de las variedades negro, azul, chocolate, oro, gris y lila. Su tipo corporal debe ser vigoroso. Debe tener el cuerpo bien levantado del suelo, lomo bien arqueado, con una pequeña papada, su peso ideal es de 6 libras (2.7 kg) en machos y 7 libras (3.1 kg) en hembras. Su carne debe ser firme y la piel bien compacta sobre todo el cuerpo (Echeberri, 2006).

Razas utilizadas para la producción de piel

Rex: las características distintas de los Rex es la estructura del pelaje. Comparado con el pelaje del conejo normal, el del Rex es corto y felpudo, permanece erguido y tiene pelos de guarda cortos como la cobertura interior (Echeberri, 2006).

Chinchilla: tiene una longitud media, compacta con ancas bien redondeadas, el pelaje en el cuerpo es de 1 1/4 de pulgada (2.51 cm) de largo, muy denso, de textura fina, brillante, suave y libre de manchas (Echeberri, 2006).

Razas utilizadas para la producción de pelo.

Angora: la particularidad de esta variedad de conejos es su pelaje. El escaso diámetro (entre 6 y 7 micras) y el largo de los pelos son factores sumamente atractivos para la industria textil, pues las prendas confeccionadas con este tipo de hilados pesan menos que las tejidas con lana y brindan más abrigo por no dejar escapar el aire que se encuentra entre el cuerpo y la vestimenta (Echeberri, 2006).

Entre otras razas utilizadas para la producción de pelo están: Angora Siberia, Suizo de pelo largo, Canamon y Martha Sivelina (SAGARPA, 2006).

1.2. CARNE DE CONEJO

Una de las características más importantes del conejo, es su extraordinaria prolificidad. Además de las excelentes cualidades de su carne.

Las principales cualidades de la carne de conejo son (Ferrer, 2006):

- Carne blanca, magra, sabrosa y tierna.
- Adecuada para ser utilizada en las más variadas dietas.
- Con mayor riqueza de proteínas y sales minerales respecto a otras carnes.
- Carne light por excelencia, tiene un porcentaje mínimo de grasa (3-8%) y por lo tanto bajo contenido calórico.
- Bajo en grasas saturadas, recomendable en casos de enfermedades cardiovasculares.
- Aconsejada en dietas anti-colesterol y ácido úrico, previniendo los problemas del metabolismo lipídico.
- Escaso contenido de sodio y alta cantidad de potasio, lo que lo hace recomendable para problemas de hipertensión o vasculopatías.
- Por su alta metabolización, es recomendada para la alimentación de niños en edad de crecimiento.
- Alta relación carne-hueso, es mayor que la del pollo y un elevado rendimiento en la cocción por su menor contenido de agua.
- De fácil preparación y adaptable a cualquier paladar.
- Corto tiempo de cocción.

Es el animal doméstico que tiene mayor capacidad para producir carne en relación a su peso vivo. Se ha comprobado que el conejo puede transformar el 20% de las proteínas

alimenticias en carne comestible; asimila con facilidad parte de las proteínas contenidas en las plantas ricas en celulosa. Produce buena carne en corto tiempo (Ferrer, 2006).

Una coneja puede producir cada año hasta 20 veces su peso vivo expresado como kilogramo de canal (Osechas y Becerra, 2006).

Para que una vaca produzca 100 libras (45.36 kg) de carne, necesita por lo menos tres años y 10 hectáreas de tierra. En ese mismo tiempo, y en 10 metros cuadrados, una coneja produce más de 400 libras (181.44 kg) y solamente necesita de 2.5 a 3.5 kg de alimento para producir 1 kg de carne (Dorado Reyes y col., 2006).

En la tabla 1 se muestran las bondades productivas de esta especie en comparación con el resto de los animales domésticos:

Tabla 1. Producción de carne de diferentes especies domésticas (Dorado Reyes y col., 2006)

| Especie de animales | No. Promedio de animales producidos por año | Producción anual de carne (Kg) |
|----------------------------|--|---------------------------------------|
| Vaca | 1 ternero (150kg) | 150 |
| Oveja | 3 corderos (20kg) | 60 |
| Cerdo | 17 lechones (105kg) | 1785 |
| Conejo | 42 gazapos (2kg) | 84 |

Se puede observar que una coneja con su descendencia puede producir más carne que una vaca, alrededor del 50% de las hijas y el 25% de la nietas también producen carne dentro del año y en cada parto nacen alrededor de 6 a 8 gazapos, por lo tanto llevando el número de partos al año a 6 por coneja sería promedio de 42 por coneja, 141 por las hijas y 511 por las nietas con un total de 700 animales que por 2 kg por animal, sería 1400 kg, mucho más alto que el producido por la vaca (Dorado Reyes y col., 2006).

1.3. PROCESAMIENTO DE LA CARNE

De acuerdo con las normas oficiales mexicanas, la carne de conejo debe obtenerse en un establecimiento autorizado que cumpla los requisitos determinados por la normativa técnico-sanitaria. Los mataderos y las salas de despiece deben estar debidamente autorizados (NOM-009-ZOO-1995).

La carne debe proceder de animales cuya explotación o zona de origen no se encuentre sometida, a ningún tipo de prohibición. Un veterinario oficial debe realizar una inspección antes y después del sacrificio. La aptitud de la carne para el sacrificio y para el consumo humano se acredita mediante el correspondiente marcado de inspección veterinaria. El producto no debe presentar ninguna alteración, si bien se admiten aquellas lesiones traumáticas ocurridas justo antes del sacrificio o malformaciones o alteraciones localizadas, siempre y cuando se determine que no convierten a la canal de conejo o a sus despojos en no aptos o peligrosos para el consumo o la salud humanos (NOM-009-ZOO-1995).

La matanza del conejo, como de cualquier otra especie, debe llevarse a cabo por personal capacitado y en naves de construcción acondicionada a las necesidades específicas de higiene y manejo que marquen los requisitos sanitarios de los conejos, o bien en un rastro especialmente acondicionado. Para ello, los empleados requieren de overol, mandil, casco, botas de hule, guantes largos, chaira (afilador), cuchillo apropiado, botiquín de primeros auxilios y estar asegurados contra riesgos de enfermedades o accidentes (NOM-009-ZOO-1995).

El mejor lugar para realizar la matanza y faenado de los conejos sería, por supuesto, un rastro acondicionado con todo lo que se requiere para obtener el mejor producto. No obstante en nuestro país, donde la cunicultura aun se encuentra en un nivel bajo de producción, las granjas no cuentan con instalaciones que cubran todos los requisitos de un rastro, por lo que el sacrificio se realiza dentro de las mismas instalaciones, llevando, sin embargo, el mayor cuidado con el fin de evitar la contaminación de la carne. Para lo que

deberán contar con, un bastidor que permita colgar los conejos mediante ganchos, agua corriente, luz eléctrica, una báscula de al menos 5 kg, bolsas de plástico, mesas, charolas, y en general, todo el equipo necesario para un trabajo cómodo e higiénico (Centro nacional de cunicultura, 2005).

1.3.1. Transporte de animales.

Los animales que se transportarán a algún rastro para ser sacrificados, deberán examinarse minuciosamente por el encargado de la granja antes de abandonarla, pues así evitará la venta de aquellos ejemplares que de acuerdo a su criterio puedan ser decomisados por algún problema sanitario. Al mismo tiempo, debe pugnarse por un trato humanitario a los animales de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. Además, las unidades de transporte, deberán contar con limpieza y desinfección, buena ventilación, y espacio suficiente evitando la compresión de los animales y el estado de tensión que reporte un perjuicio de los conejos y, por lo tanto, al productor y a los consumidores debido al decremento en la calidad de la carne y las pérdidas por muertes.

Después de un viaje largo, los animales sufren deshidratación y fatiga; por lo tanto es necesario un tiempo de reposo, cuya duración es variable, dependiendo de la distancia recorrida, el clima, la raza de los conejos y su condición física general. Pero se recomienda que en viajes mayores a 50 Km el tiempo de descanso sea de 12-24 h dependiendo del animal, si los viajes son menores a 50 Km entonces los tiempos pueden reducirse a la mitad (NOM-033-ZOO-1995).

De acuerdo con la norma antes mencionada el manejo de los animales deberá ser de tal manera que estos se mantengan tranquilos, evitando los gritos, ruido excesivos y golpes que provoquen traumatismos.

En el periodo de reposo debe llevarse a cabo la inspección *ante mortem* que se realizará en los corrales del establecimiento, con luz natural suficiente o en su defecto con una fuente lumínica no menor de 60 candelas, además esta inspección debe realizarse con un tiempo máximo previo al sacrificio de 12 h (NOM-009-ZOO-1995).

1.3.2. Sacrificio y evisceración

A partir de los dos meses de edad, los conejos sanos y bien alimentados están en condiciones de ser sacrificados. Sin embargo, la edad y peso de los animales para abasto depende de las exigencias del mercado. Por ejemplo, se pueden sacrificar y destinar a la carne para venderse por pieza o para parrilla (1 a 1.5 Kg), para freír (1.5 a 2.0 Kg) y para el horno (4 Kg). Sin embargo, también dependerá del costo de la conversión alimenticia, ya que a partir de los 65 a 70 días de edad, los animales necesitarán cada vez más alimento para ganar cada gramo de peso, ocasionando que cada vez sea más caro engordarlos (Echeberri, 2006).

La secuencia del sacrificio del conejo se describe a continuación (Echeberri, 2006):

1. El primer paso de la matanza consiste en insensibilizar al conejo con objeto de causarle el menor sufrimiento posible. Para ello, se le puede golpear la nuca, dislocar el cuello mediante un movimiento brusco, o aplicar una descarga eléctrica en la nuca (Figura 2).



Figura 2. Desnucado

2. Rápidamente, se cuelga al animal en uno o dos ganchos, quedando suspendido de uno o ambos miembros posteriores por los tendones de los mismos. Inmediatamente se procede al degüello (cortando la carótida), o la decapitación, se procede a despejarla de su piel con mucho cuidado utilizando un cuchillo filoso. El desangrado mejora la calidad y aspecto de la carne. Las petequias de sangre, provocadas por el estremecimiento de los animales, pueden evitarse si se hace un buen sacrificio y aturdimiento del animal (Figura 3).



Figura 3. Degüello. Sangrado

Tras haberse desangrado el animal, se inicia su evisceración que se puede puntualizar en los siguientes pasos.

- Sección de la cola, orejas (si se conserva la cabeza) y pies libres, es decir, los que no están enganchados.
- Corte de la piel a lo largo de la cara interna de las extremidades posteriores, desde el tarso hasta el ano.
- Tirar hacia abajo de los extremos superiores de la piel, consiguiendo su inversión hasta el cuello; la tracción se facilita separando con el cuchillo la piel de la grasa, quedando ésta sobre la canal.
- Sacar los miembros anteriores de la piel y despellejar la cabeza.
- Se continúa con la evisceración practicando una incisión sagital, que abra la pared ventral del animal sobre la línea media, desde el tórax, hasta el ano.
- Corte del ano.

- Extracción de las vísceras, excepto los riñones, el corazón y el hígado (sin la vesícula biliar) pueden también permanecer en la canal.
- Lavado de la canal para retirar restos de pelos o suciedad que pudo haberse adherido (Figura 4).



Figura 4. Proceso de eviscerado y desprendimiento de la piel A) cortes a los lados de las patas y la cola, B) jalar la piel para desprenderla, C) eviscerado, D) canal sin viseras, E) lavado de la canal.

- Por último se lleva a cabo el despiece de la canal. Este procedimiento puede llevarse a cabo de varias formas según los requerimientos del cliente: puede ser en medias canales (Figura 6), dividir en todas sus partes (Figura 5) y cada uno de estos puede llevar incluida la cabeza o retirarla.

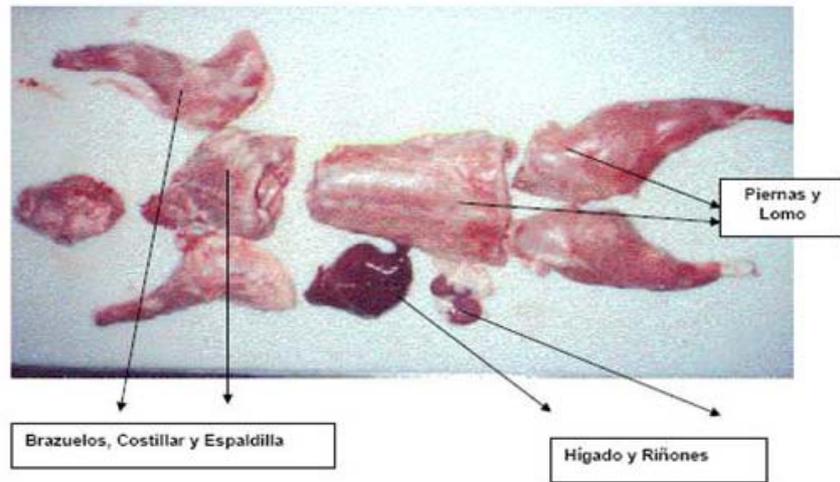


Figura 5. Partes del despiece de la canal

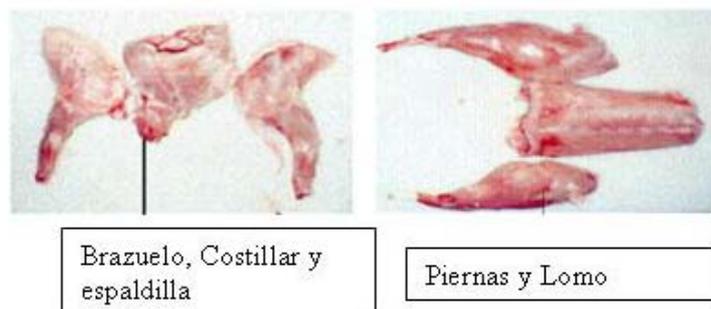


Figura 6. Despiece de la canal en dos partes

1.3.3. Almacenamiento

El almacenamiento tras el sacrificio debe realizarse en condiciones de higiene legalmente satisfactorias y en establecimientos debidamente autorizados y registrados. La carne, después de la inspección veterinaria oficial, debe ser conservada mediante refrigeración o congelación. En el caso de la refrigeración, la temperatura no podrá ser en ningún caso superior a los 4 °C, mientras que si es congelada no podrá superar -12 °C (Centro Nacional de Cunicultura, 2005). La norma NOM-009-ZOO-1995, permite condiciones de almacenamiento específicas y menos rigurosas cuando se realiza en el comercio de venta al por menor o en locales contiguos al punto de sacrificio si su destino es el consumidor. En este caso, los establecimientos dispondrán, como mínimo, de un frigorífico, que garantice una temperatura de trabajo en su interior entre 0 y 8 °C, y que esté dotado de un termómetro debidamente controlado. No se permitirá el funcionamiento a temperaturas superiores o diferentes a las necesarias para la conservación de los alimentos, ni la exposición, ni el almacenamiento sin la separación adecuada entre cada tipo de producto.

Las canales obtenidas después del sacrificio deben ser clasificadas en sus diferentes categorías según lo marca la norma NMX-FF-105-SCFI-2005. De acuerdo a dicha norma deben ser firmes y frescas, estar libres de pelo, tumoraciones, hematomas, hemorragias, manchas derivadas del proceso de evisceración; así mismo según la norma NOM-009-ZOO-1995 deben estar libres de abscesos y manchas blancas en el hígado.

Si las canales han cumplido con los requisitos establecidos en estas dos normas entonces podrán clasificarse de acuerdo a lo registrado en la tabla 2.

Tabla 2. Categorías de las canales de conejo (NMX-FF-105-SCFI-2005)

| Categoría | Peso en Canal (kg) | Edad (Días) |
|---------------------|----------------------------|--------------------|
| México Extra | 1.0 a 1.5 | Hasta 77 |
| México 1 | 0.9 a 1.8 | Hasta 100 |
| México 2 | Menor a 0.9 o mayor de 1.8 | Cualquier edad |

No se considerarán aptas para consumo humano aquellas carnes que, una vez sacrificadas, presenten enfermedades transmisibles a las personas o a los animales, tumores malignos o múltiples abscesos, infestación masiva de parásitos en los tejidos subcutáneos o musculares, residuos de sustancias prohibidas, incluidas las que tengan efectos farmacológicos o concentraciones superiores a los niveles admitidos, signos de envenenamiento, heridas grandes, anomalías de color, olor o sabor; y anomalías de consistencia, especialmente edemas o demacración grave (NOM-009-ZOO-1995).

1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE CONEJO

En la tabla 3 se muestra la composición de diferentes carnes y se compara con la composición de la carne de conejo. Se puede observar que la carne de conejo presenta un porcentaje superior en cuanto a hierro y proteínas e inferior en grasa y colesterol, lo que la hace en realidad una excelente alternativa de consumo para gente que gusta de la carne (Maggi, 2006).

Tabla 3. Composición química de la carne de conejo en comparación con otros tipos de carnes (Maggi, 2006)

| Tipo | Peso Canal, (Kg) | Proteína (%) | Grasa (%) | Agua (%) | Colesterol (mg/100g) | Aporte Energético (Kcal/100g) | Hierro (mg/100g) |
|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Carne de ternera | 150 | 14-20 | 8-9 | 74 | 70-84 | 170 | 2.2 |
| Carne de buey | 250 | 19-21 | 10-19 | 71 | 90-100 | 250 | 2.8 |
| Carne de cerdo | 80 | 12-16 | 30-35 | 52 | 70-105 | 290 | 1.7 |
| Carne de cordero | 10 | 11-16 | 20-25 | 63 | 75-77 | 250 | 2.3 |
| Carne de conejo | 1 | 19-25 | 3-8 | 70 | 25-50 | 160-200 | 3.5 |
| Carne de pollo | 1.3 - 1.5 | 12-18 | 9-10 | 67 | 81-100 | 150-195 | 1.8 |
| Huevo de Gallina | 0.06 | 12-13 | 10-11 | 65-66 | 213 | 150-160 | 1.4 |

Es una carne rica en proteínas, la carne de conejo presenta 4.4 veces más proteína, por cada parte de grasa que la carne de res. Puede aportar 19 a 25 g de proteínas por cada 100 g de carne, proporción que en comparación con la carne de res, cerdo e incluso el pollo, es mayor en cantidad y calidad (Maggi, 2006).

El bajo nivel de grasas saturadas, escaso contenido de sodio y alto de potasio de la carne de conejo la hacen apropiada para la dieta de personas con problemas cardiovasculares, hipertensión, colesterol o ácido úrico. En comparación con la carne de pollo, la carne de

conejo tiene una proporción menor de ácidos grasos saturados y una mayor de ácidos grasos insaturados y colesterol (Ferrer, 2006).

La grasa de conejo tiene una relación ácidos grasos saturados/insaturados igual a 1, mientras que en la grasa de los vacunos esta relación es de 1.2%. La carne de conejo tiene unas seis veces menos cantidad de ácidos grasos saturados que la carne vacuna. Solo comiendo 6 kg de carne de conejo se llegaría a ingerir la misma cantidad de grasa saturada con 1 kg de carne vacuna (Ferrer, 2006).

El lomo y la pierna son las partes más importantes. El lomo es la parte más magra de la canal con valores de contenido de grasa de 1.2 %, valor inferior al de carnes magras como la pechuga de pollo, mientras que la carne de la pierna presenta un contenido de grasa algo superior, de alrededor de un 3%, aunque sigue siendo una carne magra (Maggi, 2006).

La composición de ácidos grasos presentes es un factor determinante desde el punto de vista de la relación dieta-salud. Las recomendaciones de organismos oficiales apuntan limitar el consumo de grasas saturadas y aumentar el de ácidos grasos poliinsaturados n-3 y n-6. Los lípidos de la carne suelen contener niveles de ácidos grasos saturados por debajo del 50%, correspondiendo los valores más bajos a carnes como la de pollo y conejo. Los porcentajes de ácidos grasos, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de la carne de la pierna se encuentran alrededor de 36.9, 28.5 y 34.6 % respectivamente. Entre los ácidos grasos mono y poliinsaturados que nos aporta la carne de conejo está el ácido linoléico que es el precursor de los ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-6, mientras que el ácido linolénico es el precursor de los ácidos grasos de la familia n-3. En la carne de la pierna del conejo podemos encontrar un elevado contenido de ácido linoléico (29%; 10 veces superior al contenido en vacuno y cordero, y más del doble que en porcino), además de presentar un 3% de ácido linolénico (1.37 % en cordero, 0.70 % en vacuno y 0.95 % en porcino). Además, se caracteriza por un bajo contenido en colesterol comparado con el de otras especies como se muestra en la tabla 4 (Dalle, 2001).

Tabla 4. Contenido de colesterol en diferentes productos (Maggi, 2006).

| 100 g de producto | Colesterol (mg) |
|--------------------------|------------------------|
| Huevo | 500 |
| Grasa de Bovino | 400 |
| Mariscos | 200 |
| Carne de porcino | 100 |
| Carne de pollo | 75 |
| Carne de conejo | 50 |
| Carne de pescado | 50 |

La carne de conejo, al igual que otros tipos de carne, proporciona cantidades apreciables de vitaminas del grupo B, las mismas que intervienen en muchos procesos metabólicos. Destaca su contenido en niacina (vitamina B3) y Cobalamina (vitamina B12). También hay que resaltar el contenido de vitamina E (0.70mg/100g), que tiene importantes características antioxidantes y juega un papel importante contra el envejecimiento celular en especial en las células del sistema nervioso, glóbulos rojos, células musculares y de sistema cardiovascular (Ferrer, 2006).

Por ser un animal herbívoro su alimentación es estrictamente balanceada, alta en contenido de fibras y proteínas como alfalfa, girasol y salvado. En su alimentación no se suelen utilizar elementos de origen animal, tampoco se aplican biológicos, ni se utilizan anabólicos, por lo que estamos hablando de una carne 100% natural. Otro aspecto interesante es que el conejo es monogástrico, no transforma las grasas de su alimentación, lo que hace que su carne sea magra, esto no sucede con otras especies que son poligástricas y depositan grasa en sus tejidos (Maggi, 2006).

Todas estas características convierten a la carne de conejo, en un alimento requerido a nivel mundial por consumidores de altos ingresos, siendo así mismo adecuado a regímenes alimentarios orientados a prevenir o atenuar enfermedades cardiovasculares, así como también recomendado en la alimentación de niños y ancianos.

1.5. DETERIORO DE LA CARNE

La carne y los productos cárnicos son productos muy alterables, por lo que deben manejarse con especial cuidado durante todas las operaciones de procesado. La alteración se inicia pronto, después de la sangría, como resultado de acciones microbianas químicas y físicas. El no aplicar las medidas de control de calidad, durante cualquier operación de procesado, aumenta generalmente la velocidad y la extensión de los cambios alterativos que llevan al deterioro y, finalmente, a la putrefacción de la carne (Forrest y col., 1979).

La industria cárnica emplea diversos métodos para retrasar los cambios alterativos y prolongar el periodo de aceptabilidad. Estos procedimientos constituyen los diversos métodos de conservación de la carne. El tiempo de almacenamiento durante el cual se mantiene el óptimo de aceptabilidad, depende del método de conservación utilizado y de las características del producto con que se esté tratando (Forrest y col., 1979).

El carácter distintivo de la carne alterada, o de cualquier otro alimento, es aquel momento en el que no resulta apto para el consumo humano. La alteración equivale generalmente a la descomposición y putrefacción, como consecuencia del crecimiento microbiano. Cuando la carne muestra signos evidentes de descomposición y putrefacción no caben dudas acerca de su capacidad de no consumo. La alteración de la carne no implica necesariamente su descomposición o putrefacción, lo que es especialmente manifiesto en el caso de la carne, cuyo deterioro no se debe únicamente a la acción microbiana, sino también a factores tales como insectos, reacciones enzimáticas intrínsecas y oxidativas (Forrest y col., 1979). A continuación se describen los cambios químicos y físicos más obvios atribuidos a los microorganismos (Frazier y Westhoff, 1993).

Cambios químicos

La degradación de proteínas, lípidos, carbohidratos y otras moléculas complejas a otras más sencillas se realiza por la acción de enzimas hidrolíticas endógenas presentes en la carne, y también por las enzimas producidas por los microorganismos (Forrest y col., 1979).

Degradación de las proteínas.

La acción bacteriana sobre las proteínas de la carne se presenta con posterioridad a la degradación del glucógeno presente y de los compuestos de bajo peso molecular que ordinariamente existen en el tejido muscular tales como glucosa, y aminoácidos libres. La concentración de estas sustancias (1.2 -3.5%), permite sostener el desarrollo de las bacterias psicrótofas con tales facultades, hasta niveles cercanos a 10^8 ufc/g, cuando la carne ya empieza a mostrar signos distintivos de deterioro. De manera general, a mayor carga bacteriana inicial de la carne, menor el tiempo requerido para llegar a su descomposición. Los productos que comúnmente se encuentran en la carne deteriorada por microorganismos suelen ser aminas (putrescina y cadaverina), resultantes de la descarboxilación de aminoácidos, H_2S , indol, escatol, isobutilamina, mercaptanos, amoniaco, metil, etil y trimetilamina, etil ester de ácidos grasos de cadena corta y otros (Fernández, 2000).

Entre las bacterias aerobias y psicrótofas capaces de actuar sobre los aminoácidos y generar sustancias propias de la descomposición de la carne, está el grupo de las *Pseudomonas*, mucho más sobresaliente que el perteneciente al de *Moraxella/Acinobacter*. En consecuencia los signos de la putrefacción que se detectan en primer término durante el deterioro de la carne no provienen del ataque a las proteínas. Diversas especies de *Pseudomonas*, *Achoromobacter* y *Flavobacterium* son recuperadas de carne que muestra mucosidad, fluorescencia o putrefacción. *Lactobacillus* y *Microbacterium* se encuentran asociados a alteraciones consistentes en una mucosidad, pegajoso y agriado (Fernández, 2000).

Degradación de lípidos.

Las lipasas provocan rancidez oxidativa, con lo que se liberan ácidos grasos de sabor amargo. La metabolización de los lípidos requiere de la producción de enzimas lipolíticas. El deterioro de las grasas se presenta como etapa última de la descomposición de la carne en su conjunto. Eventualmente puede ocurrir antes, si existe un elevado contenido inicial de microorganismos con intenso poder lipolítico, como lo es *P. fragi*, que también provoca cambios en el color de la carne (Fernández, 2000).

Degradación de carbohidratos.

La metabolización de los carbohidratos por las bacterias generalmente no da lugar a sustancias mal olientes o de sabores ofensivos, toda vez que su concentración no llega a ser marcada. Cuando la tasa de utilización de la glucosa excede la de difusión desde los tejidos, se inicia la acción sobre los aminoácidos de ahí que el contenido de glucosa sea crítico en la aparición de olores desagradables (Fernández, 2000).

La utilización de los carbohidratos por los microorganismos origina una gran variedad de productos finales incluidos alcoholes y ácidos orgánicos (Forrest y col., 1979).

Cambios físicos

Los cambios físicos originados por los microorganismos son corrientemente más llamativos que los cambios químicos. Aunque la alteración microbiana generalmente determina un cambio físico obvio en la carne, también da lugar a cambios menos aparentes en su color, olor, terneza, y propiedades de procesado. La alteración cárnica se clasifica generalmente como aeróbica o anaeróbica, dependiendo de las condiciones en que tuvo lugar, y también de que los principales microbios causantes del deterioro fueran bacterias, mohos o levaduras (Forrest y col., 1979).

La alteración aeróbica por bacterias y levaduras se traduce generalmente en la aparición de mucosidad, de olores y aromas repugnantes. Como consecuencia de la producción de compuestos oxidantes, la mioglobina y oximioglobina, pueden transformarse en metamioglobina y otras formas oxidadas del pigmento, lo que puede observarse con la aparición de color gris, marrón o verde. Algunas especies bacterianas pueden originar enverdecimiento en los embutidos y las bacterias y levaduras pigmentadas pueden dar lugar a otras diversas coloraciones superficiales (Forrest y col., 1979).

Contaminación

La masa muscular interna de las carnes contiene pocos microorganismos o no los contiene en absoluto, aunque se han encontrado microorganismos en los ganglios linfáticos, en la medula ósea, e incluso en la propia masa muscular, y por supuesto en la superficie externa (pelos y piel), estas partes suponen una fuente de contaminación de la carne durante el sacrificio; por lo tanto inmediatamente después del desangrado y en cualquier fase a partir de este momento, deben tomarse medidas para reducir la contaminación microbiana y minimizar el crecimiento y actividad de los microorganismos que puedan existir (Frazier y Westhoff, 1993).

La contaminación microbiana inicial es consecuencia de la penetración de microorganismos en el sistema vascular, por utilizar materiales contaminados como cuchillos para el degüello, los microorganismos que logren penetrar se diseminan por toda la canal. También puede tener lugar una contaminación subsiguiente, con la llegada de microorganismos a las superficies de la carne en casi cada una de las operaciones realizadas durante el proceso de sacrificio, eviscerado, despiece, procesado, almacenamiento y distribución de la carne. Las ropas y manos del personal que la manipula y el propio entorno físico, incluso el agua empleada para lavar las canales y el equipo puede ser una fuente de contaminación (Forrest y col., 1979).

En el proceso de deshollado es particularmente determinante del nivel de microorganismos que aparecerán en la canal, ya que el trabajador realiza incisiones de la piel en la parte interna de las patas y ventralmente desde el cuello hasta alrededor del ano. La remoción total de toda la piel debe hacerse cuidando de no permitir que la parte externa de la piel entre en contacto con la canal. A través de un típico mecanismo cruzado es inevitable que las manos y el cuchillo fácilmente se contaminen con patógenos intestinales, y estos a su vez los hagan llegar a la canal. El corte del recto y del esfínter anal debe realizarse con tal cuidado, que se reduzca a su mínimo nivel la contaminación de la canal (Fernández, 2000).

En la evisceración se retiran las vísceras torácicas y abdominales a través de un gran corte que se practica ventralmente en esa región. Es también una operación crítica. Cualquier incisión accidental, especialmente de los intestinos ya que dejará escapar el contenido hacia toda la región toracoabdominal. El número de microorganismos puede elevarse cientos de veces (Fernández, 2000).

El lavado y desinfección de manos y cuchillos entre el manejo de un animal y otro reduce los índices de contaminación por *Salmonella* y *E. coli* (Fernández, 2000).

Es especialmente perjudicial la contaminación de la carne con bacterias psicrótofas de cualquier procedencia, por ejemplo, de otras carnes que han estado almacenadas bajo refrigeración. Por lo tanto, es obvio que todo aquello que contacta con la carne, incluidos otros productos cárnicos, es una fuente potencial de contaminación microbiana (Frazier y Westhoff, 1993).

Una vez que los microorganismos se encuentran en la carne raramente puede inhibirse por completo su actividad, cualesquiera que sean las medidas de control aplicadas, por lo tanto la carga microbiana (cantidad de contaminación microbiana), es un factor importante en la determinación de la vida de anaquel y aceptabilidad de todos los productos cárnicos, tanto frescos como procesados (Forrest y col., 1979).

Microorganismos de la carne

Como consecuencia de las distintas procedencias de los microorganismos, son muchas las especies microbianas que es probable que contaminen la carne. Podemos encontrar en este tipo de alimentos tanto mohos, como levaduras y bacterias (Frazier y Westhoff, 1993).

Los hongos son organismos multicelulares caracterizados por su morfología micelial o algodonoso, producen numerosas y pequeñas esporas que son desperdigadas por las corrientes de aire y otros medios (Forrest y col., 1979). Las especies que tiene mayor importancia en la carne fresca son: *Cladosporium*, *Sporotrichum*, *Geotrichum*, *Thamnidium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Monilia* (Frazier y Westhoff, 1993).

El crecimiento de las bacterias en la carne se caracteriza, generalmente, por la formación de viscosidad. Se pueden encontrar bacterias pertenecientes a muy distintos géneros, siendo los más importantes: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Sarcina*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Proteus*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Campylobacter*, *Salmonella* y *Streptomyces*. Muchas de estas bacterias son capaces de crecer a temperaturas de refrigeración (Frazier y Westhoff, 1993).

El tipo de microorganismos y el número de cada uno de los antes mencionados son factores importantes que influyen la velocidad de alteración de la carne; sin embargo también una serie de propiedades del producto cárnico específico y de su entorno afectan marcadamente la clase, la velocidad e incluso el grado de tal alteración. El número y tipo de los microorganismos existentes depende de las condiciones locales. Los microorganismos que eventualmente pueden crecer lo suficiente como para producir la alteración, serán aquellos para los que las condiciones existentes sean más favorables, generalmente solo es uno y rara vez más de tres, el o los que se multiplican lo suficientemente rápido como para causar deterioro (Forrest y col., 1979).

Invasión de los tejidos por microorganismos

Tras la muerte del animal, tiene lugar la invasión de los tejidos por microorganismos contaminantes. Los factores que intervienen en esta invasión son los siguientes (Frazier y Westhoff, 1993):

1. Carga microbiana existente en el intestino del animal. Cuanto mayor es esta carga microbiana, tanto mayor es la invasión de los tejidos. Por esta razón se ha recomendado someter a ayuno a los animales durante las 24 horas anteriores a su sacrificio.
2. Estado fisiológico del animal inmediatamente antes de su sacrificio. Si el animal está excitado, febril o fatigado, es más probable que las bacterias penetren en los tejidos, la sangría suele ser incompleta, favoreciendo por tanto la diseminación de las bacterias.
3. Procedimiento de sacrificio y forma de realizar la sangría. Cuanto más completa y más higiénica sea la sangría tanto mejor será la calidad de conservación de la carne.
4. Velocidad de enfriamiento de la canal. El enfriamiento rápido de la canal reducirá la velocidad con que los microorganismos invaden los tejidos.

Adhesión bacteriana

En la piel de animales y en la carne, la adhesión no se limita a la superficie; los microorganismos pueden penetrar a través de microcanales y criptas en los tejidos. El mecanismo de adhesión bacteriana ocurre en dos etapas: en la primera, a través de fuerzas físicas, hay retención de bacterias en una película líquida sobre la superficie de la carne. La situación es reversible y depende de un balance de energía y una repulsión electrostática. En la segunda etapa, irreversiblemente y dependiente del tiempo, la bacteria forma un exopolímero. Una vez fijadas las bacterias inician su desarrollo que conduce a la formación de una biopelícula (Fernández, 2000).

Alteración o deterioro de carne al vacío.

Con empaques a vacío las Bacterias ácido lácticas (BAL) (microaerofilas) suelen predominar en la carne. De esta manera, no se presenta el daño extensivo característico que es común observar con bacterias oxígeno – dependientes del tipo de *Pseudomonas*. En la carne empacada a vacío el oxígeno residual es consumido por la actividad respiratoria de los tejidos y se acumula CO₂. El grupo *Pseudomonas-Acinobacter-Moraxella* cede el espacio a *B. thermosphacta* y miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, los que finalmente son desplazados por BAL. El enverdecimiento de la carne se asocia a la actividad de estas últimas. Los malos olores de la carne cruda empacada a vacío se asocian con niveles bacterianos más bajos. Los gérmenes que predominan son microaerofilos o anaerobios. Las bacterias ejercen un efecto antagónico sobre los hongos al competir ventajosamente por el oxígeno disponible sobre la superficie. De ahí que la presencia de micelio sobre la carne sea una observación excepcional (Fernández, 2000).

Cuando la carne empacada a vacío se almacena a 0 y 5.5°C el incremento de bacterias psicrótrofas es lento. Transcurrida esta etapa se inicia una fase de crecimiento muy dinámico de manera que las cifras son elevadas al cabo de 2-3 semanas en ambos casos (Fernández, 2000).

Las alteraciones producidas durante este tipo de almacenamiento de la carne suele describirse con términos tales como: amargor o hediondez.

Amargor. Aparición de un olor o aroma amaro-repugnante. Se debe fundamentalmente a la acumulación de ácidos orgánicos durante la degradación enzimática bacteriana de moléculas complejas (Forrest y col., 1979).

Hediondez. Es un término poco específico, utilizado para describir la aparición de olores y aromas repugnantes. El término de hueso hediondo o amargo, se utiliza generalmente en

industria cárnica para describir el olor pútrido – amargo que, en ocasiones se encuentra en los tejidos que rodean al hueso (Forrest y col., 1979).

Uno de los microorganismos que suelen desarrollarse en el empaçado a vacío y que produce alteraciones importantes es *Bochothrix thermosphacta*. Este microorganismo ejerce un papel importante en la alteración rápida de productos cárnicos envasados al vacío (Zurrera, 1984). Llega a constituir una proporción significativa de la flora de la carne roja almacenada; puede proliferar tanto aeróbica como anaeróbicamente. El número de bacterias varía de unos cuantos cientos o miles por cm^2 a más de un millón en la carne cuando entra a la etapa de comercialización (Fernández, 2000).

Este microorganismo muestra una actividad a $\text{pH} > 5.8$, por ello puede alterar fácilmente a la carne que muestre signos de DFD, provocando que la carne tome un color verde (Fernández, 2000).

Las bacterias lácticas también participan en el deterioro de la carne empaçada al vacío, contribuyen al sabor ácido, producción de gas, olores agrios, sulfurosos y a mantequilla, también contribuyen a una disminución del pH superficial (Fernández, 2000). De las bacterias lácticas presentes en la superficie y en el interior de carnes envasadas a vacío, las que generalmente predominan son especies del género *Lactobacillus* (Brody, 1996).

1.6 CONSERVACIÓN MENDIANTE APLICACIÓN DE ATMÓSFERAS MODIFICADAS (MAP)

La capacidad del empackado en atmósferas modificadas para extender la vida de anaquel en los alimentos ha sido reconocida por muchos años. En 1930, carne de res fue trasportada en atmósfera modificada con dióxido de carbono, obteniendo aproximadamente el doble de vida, previa al almacenamiento (Gould, 1995).

La acción preservativa del dióxido de carbono sobre los alimentos, es conocida desde la antigüedad; sin embargo, la investigación básica no comprendió el empleo de las atmósferas modificadas para prolongar la vida útil de la fruta, carne y pescado, hasta las décadas de los años 20 y 30 cuando se investigó el efecto de diferentes concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono, a distintas temperaturas, sobre la germinación y crecimiento de los hongos productores de podredumbres en frutas. Estos experimentos iniciales dieron lugar al primer almacenamiento comercial en atmósfera controlada para manzanas (Parry, 1995).

La vida útil de los productos perecederos como carnes, está limitada principalmente por dos factores: el efecto del oxígeno atmosférico y el crecimiento de microorganismos aerobios productores de alteraciones. Estos factores, de forma individual, o asociados con otros, producen cambios del olor, sabor, color y textura, conduciendo a un deterioro general de la calidad. El almacenamiento refrigerado podría retrasar estos cambios indeseables, pero no incrementaría necesariamente la vida útil suficientemente para las exigencias de la distribución al por menor y para los objetivos de exposición en el punto de venta (Parry, 1995).

El envasado con atmósferas modificadas es un proceso que incrementa significativamente la vida útil de un producto fresco, encerrándolo en una atmósfera que reduce los procesos degradativos, como el crecimiento de organismos microbianos, y se facilitan algunos

procesos beneficiosos tales como la retención del color rojo de la carne. El envasado en atmósferas modificadas consiste en mantener la carne en un ambiente donde la disponibilidad de oxígeno sea distinta de la que existe en el aire. Esto se logra habitualmente eliminando el oxígeno mecánicamente o evacuando el aire y sustituyéndolo por dióxido de carbono, nitrógeno o una combinación de ambos. Este proceso se lleva a cabo conjuntamente con el empleo de una película plástica flexible que impide el paso de oxígeno o un material de envase semirrígido (Brody, 1996).

Existen tres métodos por los cuales puede lograrse cambiar la atmósfera que rodea un alimento, a continuación se describen cada uno de ellos (Gould, 1995).

Empacado en atmósfera modificada.

Consiste en el remplazo del aire en el empaque por una mezcla diferente de gases, donde la composición de cada gas es fija, y además no se tiene el control de la concentración de los gases durante el almacenamiento.

Empacado en atmósfera controlada.

En este tipo de empacado la concentración de los gases es controlada y constante durante el almacenamiento. Esta técnica es utilizada principalmente para productos que requieren un constante monitoreo y control de la composición del gas.

Empacado a vacío.

El alimento es colocado en un empaque de baja permeabilidad al oxígeno, el aire es evacuado y la bolsa es sellada. La atmósfera gaseosa del empacado a vacío es susceptible a cambiar durante el almacenamiento y por lo tanto la atmósfera será modificada indirectamente.

1.6.1 Gases utilizados en MAP

Como se ha dicho previamente, el concepto básico del envasado de alimentos frescos en atmósfera modificada es la sustitución en el envase del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases en proporción diferente a la del aire. La composición aproximada del aire se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar (Parry, 1995)

| Gas | Porcentaje (%) |
|--|-----------------------|
| Nitrógeno (N₂) | 78.03 |
| Oxígeno (O₂) | 20.99 |
| Argón (Ar) | 0.94 |
| Dióxido de carbono (CO₂) | 0.03 |
| Hidrogeno (H₂) | 0.01 |

En el empaqueo en MAP se modifica la atmósfera interior del envase, por lo tanto hay una modificación en la concentración de gases que componen el aire. Los gases utilizados para llevar a cabo tal modificación son los siguientes (Parry, 1995):

Oxígeno (O₂)

El oxígeno es el gas más importante en cuanto a su participación en el deterioro de los alimentos, siendo utilizado por los microorganismos aerobios que provocan descomposición, y participa en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos; incluyendo la oxidación de la mioglobina en la carne y la oxidación de la grasa y de compuestos sensibles como vitaminas y aromas. Por estas razones, en el envasado en atmósfera modificada, se elimina el oxígeno o se reduce hasta niveles tan bajos como sea posible, de tal manera que el color de la carne no se vea alterado (Parry, 1995).

Dióxido de carbono (CO₂).

Es un gas neutro sin color que inhibe la oxidación (Nobis, 1991). El dióxido de carbono ejerce un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento bacteriano. Es particularmente efectivo contra las bacterias aerobias de la descomposición, gram– negativas, tales como las especies de *Pseudomonas* que provocan pérdida de color y malos olores en carnes (Parry, 1995).

Las bacterias lácticas, como los estreptococos y/o lactobacilos, se ven menos afectados por niveles altos de CO₂. Estos microorganismos se encuentran entre los que predominan en la carne almacenada en atmósferas modificadas, aunque crecen más lentamente que las *Pseudomonas* y los psicrótofos gram- negativos. Los cambios sensoriales que se asocian al desarrollo de bacterias lácticas como la acidez, en la carne son menos evidentes que los originados por las bacterias gram – negativas en atmósfera de aire, como olores de putrefacción (Brody, 1996).

Mecanismo de acción del CO₂

Cuando el CO₂ se combina con agua, este se disuelve y se presenta en forma de ácido y actúa como un agente bacteriostático (Nobis, 1991). Este gas provoca un cambio en el pH de la carne, debido a que el CO₂ se adsorbe en la superficie de la carne y existe una ionización del ácido carbónico (H₂CO₃). El mecanismo de inhibición o retraso del crecimiento microbiano en atmósferas enriquecidas con CO₂ se ha atribuido a una interferencia del ácido carbónico y el pH con sistemas enzimáticos ligados a la célula, con deshidrogenasas celulares o con el equilibrio de acción de masas de la descarboxilación enzimática (Brody, 1996).

La absorción del dióxido de carbono depende en gran medida de los contenidos de humedad y grasa de los productos. Con alimentos de elevado contenido de humedad y de grasa, tales como la carne roja, un exceso en la absorción del dióxido de carbono, puede

conducir al fenómeno conocido como “colapso del envase”, especialmente evidente a temperaturas de refrigeración. El exudado dentro del envase también está provocado por la disolución del gas en la superficie del músculo fresco del alimento, que reduce su pH suficientemente para disminuir la capacidad de retención del agua por las proteínas (Parry, 1995).

Las concentraciones elevadas de dióxido de carbono pueden provocar la decoloración y el desarrollo de sabores ácidos punzantes, en carnes rojas, aunque desaparece bastante rápidamente después de abrir el envase (Parry, 1995).

Zeuthen y Bogh-Sorensen, (2003), citan 4 principales puntos de acción del CO₂

- Disminución del pH de la carne
- Penetración celular por la disminución del pH en el citoplasma celular
- Acción específica sobre las enzimas citoplasmáticas
- Acción específica sobre las membranas celulares.

Nitrógeno (N₂)

Es un gas inerte, con baja solubilidad en el agua y en las grasas, completamente inerte y no es tóxico (Nobis, 1991). En el envasado en atmósfera modificada se utiliza fundamentalmente para desplazar el oxígeno, así como para retrasar la oxidación y prevenir el enranciamiento. Indirectamente también puede influir sobre los microorganismos en los alimentos perecederos, al retrasar el desarrollo de los organismos aerobios productores de descomposición. La tercera función del nitrógeno consiste en actuar como relleno y para evitar el colapso del envase en los alimentos que absorben el dióxido de carbono (Parry, 1995).

Monóxido de carbono (CO).

Se ha comprobado que es muy efectivo para conservar el color rojo en las carnes frescas, debido a la formación de carboximioglobina. No se ha empleado comercialmente con este objetivo, puesto que al ser un gas altamente tóxico, su empleo no ha sido autorizado, por los posibles riesgos para la salud en las operaciones de las máquinas de envasado (Parry, 1995).

Mezcla de gases.

Por lo general cuando se envasan alimentos se usa una mezcla de gases, y son 3 los principales tipos de mezclas (Parry, 1995).

- Cobertura inerte (N₂)
- Atmósfera semi-activa (CO₂/N₂, O₂/CO₂/N₂)
- Atmósfera completamente activa (CO₂ o CO₂/O₂)

La combinación de gases a utilizar depende de muchos factores, como tipo de producto, material del envase y temperatura de almacenamiento. Con respecto al producto, los factores críticos son los contenidos de humedad y de grasas, las características microbiológicas y las necesidades de estabilización del color en carnes rojas (Parry, 1995).

Ventajas y desventajas del envasado en atmósfera modificada.

El rápido crecimiento del mercado para los productos envasados en atmósfera modificada indica claramente los beneficios que han comprobado fabricantes detallistas y consumidores (Parry, 1995).

Ventajas

- El incremento de la vida útil permite que en el mercado el producto se mantenga por más tiempo en el mostrador.
- Permite la reducción de desechos en ventas al por menor.
- Mejor presentación, clara visión del producto y visibilidad en todo el entorno.
- Permite el apilado higiénico de los envases, cerrados y libres de goteo y olor del producto
- Fácil separación de los productos
- Poca o ninguna necesidad de conservantes químicos
- Incremento de la zona de distribución y reducción de los costos de transporte, debido a la menor frecuencia de reparto. Empaquetado y control de las porciones centralizados.
- Reducción de los costos de producción y almacenamiento debido a la mejor utilización del trabajo, espacio y equipos (Parry, 1995).

Desventajas

- Inversión en maquinaria de envasado con gas.
- Costo de los gases y materiales de envasado.
- Inversiones en equipo analítico para garantizar el empleo de las mezclas de gas adecuadas.

- Gastos en los sistemas para asegurar la calidad, para evitar la distribución en envases con perforaciones, etc.
- El incremento en el volumen de los paquetes, que podría afectar adversamente a los costos de transporte y al espacio necesario en la distribución al por menor.
- Posibilidad de crecimiento de patógenos sobre los alimentos, debido a los excesos en la temperatura cometidos por los distribuidores y consumidores.
- Los beneficios del envasado en atmósfera modificada se pierden cuando se abre o se perfora el envase (Parry, 1995).

Envasado a vacío

De igual forma que otros alimentos, la carne originalmente se empaquetó para proporcionar un contenedor adecuado, para evitar la contaminación de la carne y posiblemente para reducir la pérdida de peso por evaporación, con el desarrollo de nuevos materiales de empaquetado específicamente diseñados para la carne, es posible alcanzar nuevos objetivos, entre los que se incluyen la mejora de la vida de almacenamiento, una mejor forma de presentación y hacen a la carne más atractiva para el cliente de compra al por menor (Parry, 1995).

El envasado a vacío es la forma más simple de empaquetado en atmósfera modificada, consiste en eliminar el aire del sistema y mantener la carne en un envase al vacío. Es el método más frecuentemente utilizado para el almacenamiento y distribución de los primeros cortes o de la carne de vaca refrigerada para su venta al por mayor. El sistema ofrece diferentes ventajas en comparación con el manejo de las canales o los cuartos de carne de vaca. Los cortes empaquetados al vacío se manejan fácilmente, y si se realiza con una adecuada atención, el método está relativamente libre de problemas. Existen importantes ahorros económicos en el transporte y almacenamiento de la carne de vaca como trozos deshuesados, mejor que como cuartos o mitades (Parry, 1995).

El envasado a vacío consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas. En el envasado a vacío, existe una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase (Brody, 1996).

Los alimentos metabólicamente activos envasados a vacío, como las carnes o ensaladas mixtas, continúan con sus actividades respiratorias, consumiéndose así la pequeña cantidad de oxígeno presente en los tejidos del producto, con lo que aumenta el vacío y se produce dióxido de carbono y vapor de agua (Brody, 1996).

El éxito del empaquetado a vacío depende de las propiedades físicas del film, que deberá tener (Parry, 1995):

- Una buena resistencia mecánica.
- Ser resistente a la punción.
- Fácilmente soldable.
- Tener una baja velocidad de transmisión del vapor de agua.
- Baja permeabilidad al oxígeno.

Las bolsas de plástico utilizadas para el envasado a vacío tienen una baja permeabilidad a los gases, especialmente al oxígeno, vapor de agua y dióxido de carbono. Es esencial excluir el oxígeno tan rápidamente como sea posible durante el corte y la preparación para producir el mejor efecto de color y conseguir la mayor vida de almacenamiento. La protección de los cortes con huesos puede conseguirse cubriendo el hueso con un material plástico reforzado, antes de empaquetar a vacío (Parry, 1995).

Desventajas

- Puede producir una importante cantidad de exudado que es desagradable a la vista y resta valor al aspecto final del producto. Esto se puede superar parcialmente mediante un film adherido a vacío, utilizando un film que se

adapta muy ajustado a la superficie de la carne, dejando poco espacio para la acumulación de cualquier fluido exudado. Esta técnica es especialmente adecuada para la carne congelada, en donde la principal exigencia es evitar la pérdida de humedad o la transferencia en el interior del paquete.

- El color de la carne fresca envasada a vacío es púrpura, pero esto no se considera como una desventaja importante en el comercio al por mayor, en donde la gente es consciente de que es un efecto temporal, que se recupera cuando la carne vuela a exponerse a las condiciones atmosféricas normales.
- Cuando la carne es inmediatamente empacada a vacío, el oxígeno residual que existe en el paquete es consumido rápidamente por los pigmentos de la carne y las enzimas del músculo. Si la carne es roja en el momento del empaquetado, el color se transforma rápidamente a la forma púrpura del pigmento. Si el film utilizado es de baja permeabilidad el color púrpura debe permanecer durante todo el almacenamiento.
- El desarrollo de un color pardo debido a la formación de metamioglobina durante el almacenamiento indica la presencia de oxígeno que se ha conseguido penetrar en el paquete, por la utilización de un film con impermeabilidad al oxígeno inadecuada o porque se han producido fugas en el paquete durante el empaquetado o el almacenamiento (Brody, 1996).

Equipos para envasado en atmosfera modificada.

Para el envasado a vacío se emplean dos sistemas básicos, con bolsas retráctiles para el envasado de carne fresca: el tubo y la cámara (Brody, 1996).

Tubo de vacío.

El equipo de vacío por tubos va desde el sistema manual, en el que un operario puede hacer vacío y cerrar de 1 a 4 envases por minuto, a las unidades totalmente automáticas que

pueden hacer vacío y cerrar hasta 24 envases por minuto. Con este método es difícil obtener envases con más de 128 mm de Hg de vacío debido a que el material del envase comienza a colapsarse e impide la salida del aire nada más aplicar la presión negativa (Brody, 1996).

Cámara de vacío

Con las máquinas de cámara de vacío se obtienen envases con unos niveles de vacío interno mucho más altos. Los niveles de vacío altos solo potencian de forma limitada la inhibición de microorganismos y el retraso de la degradación de pigmentos. Estos altos niveles de vacío son aptos para que al someter los productos a un tratamiento externo con agua caliente desaparezcan las arrugas y el material de envasado se adapte lo más posible a la forma del producto, además favorecen la regeneración de la oximioglobina y la retención de humedad al perder menos fluidos (Brody, 1996).

Tipos de empaques utilizados en atmósfera modificada.

El empaquetado de productos cárnicos sirve para mantener la calidad y proteger la higiene durante el almacenamiento y transporte. La vida de anaquel que se haya podido lograr gracias al empaquetado de los productos cárnicos es afectada por muchos factores ya sean internos o externos. Las propiedades del plástico y el material del contenedor utilizado es de particular interés para así poder determinar la forma en que se deberán almacenar los productos cárnicos (Stiebing, 1993).

La selección de los materiales de empaquetado más apropiados es esencial para mantener la calidad y la seguridad de los alimentos almacenados en MAP (Coles y col., 2003). Por ejemplo los productos frescos como la carne requieren tener un cierto nivel de CO₂ dentro del empaque para mantener las actividades fisiológicas, tales como, la respiración, maduración, etc., ya que la atmósfera anaeróbica podría producir un estrés de los

metabolitos del alimento, lo cual produce un efecto adverso en las cualidades organolépticas del producto (Zeuthen y Bogh-Sorensen, 2003).

La carne roja necesita ciertos niveles de CO₂ para mantener el color rojo brillante que la hace ver como una carne de excelente calidad. Por lo tanto los empaques para dichos alimentos requieren tener permeabilidad selectiva hacia O₂, CO₂ y vapores de agua, para permitir la adecuada difusión del O₂ hacia el interior del empaque, mientras que previenen los niveles excesivos de CO₂ y vapores de agua en los espacios vacíos del empaque (Zeuthen y Bogh-Sorensen, 2003).

Los plásticos flexibles y semirrígidos y plásticos laminados son los materiales comúnmente usados para los alimentos almacenados en MAP (Coles y col., 2003).

Los materiales plásticos abarcan aproximadamente la mitad de los materiales totales usados para aplicarlos en el empaqueo de alimentos y su uso está en constante crecimiento. La facilidad de formación, ligereza, buena claridad, resistencia al calor y su fuerza, son algunas de las características de los plásticos que los hacen convenientes como materiales de empaqueo para alimentos (Coles y col., 2003).

Los avances en el procesamiento del polímero han permitido el desarrollo de los plásticos que satisfacen mejor las particularidades del empaqueo en alimentos. Sin embargo, ningún plástico posee las características que lo hagan totalmente adecuado para el uso en el empaqueo de alimentos (Coles y col., 2003).

Los materiales plásticos para empaqueo pueden consistir en una sola capa, pero la mayoría si no es que todas las películas utilizadas para envasado en MAP son estructuras múltiples formadas de varias capas de diversos plásticos. Seleccionando cuidadosamente cada componente plástico, es posible diseñar un material que posea las características más

importantes del empaque para poder acercarnos lo más posible a todos los requisitos del sistema producto/empaque (Coles y col., 2003).

Existen diversos grupos de empaques plásticos que son los más empleados en el envasado en atmósfera modificada, como son: películas flexibles para las bolsas, los paquetes de almohadilla y las telas superiores como estructuras rígidas y semirrígidas para las bandejas, los platos, las tazas y las tinas. El plástico flexible laminado usado comúnmente se produce del polietileno (PE), del polipropileno (PP), de la poliamida (nylon), del cloruro de polivinilo (PVC), del cloruro del polivinilideno (pVdC) y del alcohol viniletileno (EVOH). Las estructuras rígidas y semirrígidas se producen de los PP, PET, el PVC y el poliestireno (Coles y col., 2003).

Polietileno (PE)

Los polietilenos son el grupo con estructura más simple de los polímeros sintéticos y constituye al grupo de materiales plásticos más comúnmente usados para empaquetado. Existen varios tipos de PE, clasificados en base a su densidad. Se caracteriza por ser una barrera pobre a los gases, pero su naturaleza hidrofóbica los hace barreras muy buenas al vapor de agua. Por lo tanto el polietileno por sí mismo no puede ser utilizado como material de empaquetado en el MAP, que requiere una alta barrera a los gases (Coles y col., 2003).

Polietileno de baja densidad (LDPE)

Es extremadamente versátil por ello se utiliza en una amplia proporción de plásticos. Presenta una permeabilidad moderadamente baja al vapor de agua, pero alta para el oxígeno. En general la permeabilidad a los gases es alta y también presenta un reducido efecto barrera frente a los olores (Parry, 1995). Se utiliza generalmente en forma de película. (Coles y col., 2003).

Poliétileno de alta densidad (HDPE)

Proporciona propiedades de barrera superiores y es un film más duro. No es adecuado como elemento de soldadura, por lo tanto no puede encontrarse en laminas de base termoformables, pero como una de las laminas en un compuesto del tipo coextruido, puede ser una tapa o lámina de cubierta (Parry, 1995).

Etileno-alcohol vinílico (EVOH)

Es poco sensible a la presencia de humedad, y por lo tanto, se utiliza extensamente como capa de barrera a los gases de la atmósfera modificada. Posee alta fuerza mecánica, alta resistencia a los aceites y alta estabilidad termal orgánica del solvente (Coles y col., 2003). Es caro, y por lo tanto se utiliza con menor espesor, que proporciona propiedades barrera adecuadas para el laminado deseado (Parry, 1995).

Poliámidas (PA)

Las poliamidas abarcan a un grupo de plásticos designados comúnmente como nylons, que tienen un extenso uso en el empaque de alimentos. Estos generalmente son resistentes con elevada resistencia a la extensión y buena resistencia a la abrasión (Parry, 1995), generalmente son hidrofílicos y absorben el agua de su ambiente. Su fuerza y dureza relativamente altas hacen a las poliamidas ideales como bolsas de vacío para la carne fresca, donde los extremos duros del hueso podrían perforar otros materiales plásticos (Coles y col., 2003). Para este uso se lamina o coextrusiona recubierto con polietileno, proporcionando una lamina más fuerte y estará disponible como material de cubierta (Parry, 1995).

Polipropileno (PP)

Es químicamente similar a polietileno y puede ser extruido o coextruido con un elemento monómero para proporcionar características de sellado por calor (Parry, 1995). Es un polímero versátil que tiene usos en empaquetado flexibles, rígidas, y semirrígidas. Los usos en MAP son generalmente para bandejas bajas rígidas. Son una buena barrera para el vapor de agua, pero son una barrera pobre al gas (Coles y col., 2003).

Poliestireno (PS)

El poliestireno puro es un material rígido, frágil y tiene usos limitados en MAP (Coles y col., 2003). Por mezcla con butadieno-estireno o polibutadieno, se pueden alcanzar las propiedades necesarias para el termoformado, aunque se pierde algo de su claridad inicial (Parry, 1995).

Poliéster o PET

Se utiliza de diferentes formas en el envasado en atmósfera modificada como lamina orientada de espesor reducido, de elevada claridad para ser utilizado en cubierta y en forma cristalina o amorfa como bandejas preformadas o termoformadas (Parry, 2005).

Cloruro de polivinilo (PVC)

Polímero frecuentemente llamado vinil, hecho mediante la polimerización de radicales libres de cloruro de vinilo a baja presión y temperaturas de 100-160°F. El PVC es un material muy versátil que puede ser formulado resolver las necesidades del empaquetado y también ser utilizado en otros mercados (Wilmer y James, 1991).

Empaques inteligentes

El desarrollo de empaques inteligentes, más recientemente descrito como “empaques activos”, probablemente sea el área más significativa en el desarrollo de tecnología de MAP. Estos empaques tienen la habilidad de nunca absorber ni emitir gases y vapores. Han sido clasificados bajo ocho cualidades (Gould, 1995):

- Atrapado de oxígeno.
- Formación de dióxido de carbono
- Aroma removible
- Removedor de aromas
- Removedor de sabores
- Removedor de etileno
- Removedor de agua
- Emisores de etanol
- Doble capa.

1.7 PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJO

Según datos proporcionados por la FAO, la producción mundial de carne de conejo fue creciendo paulatinamente desde fines de la década de los 90's, alcanzando durante el año 2004, 1.121.456 Tn, representado un incremento del 14% con respecto a 1998.

Para el año 2005 la producción de carne de conejo fue de 1.2 millones de toneladas anuales. La Unión Europea junto con la República popular de China monopolizan la producción y el consumo con aproximadamente medio millón de toneladas cada uno. Si lo consideramos por país, China es el mayor productor (41%), seguido por Italia, España y Francia, con el 20, 10 y 7% respectivamente de la producción mundial, así más del 75% de la producción y consumo se efectúa en tan solo estos cuatro países (Figura 7). Es decir, la producción mundial de carne de conejo está geográficamente muy sesgada. En la tabla 6 se muestran otros países productores importantes entre los que se mencionan a Egipto, República Checa y Alemania (Urizal, 2006).

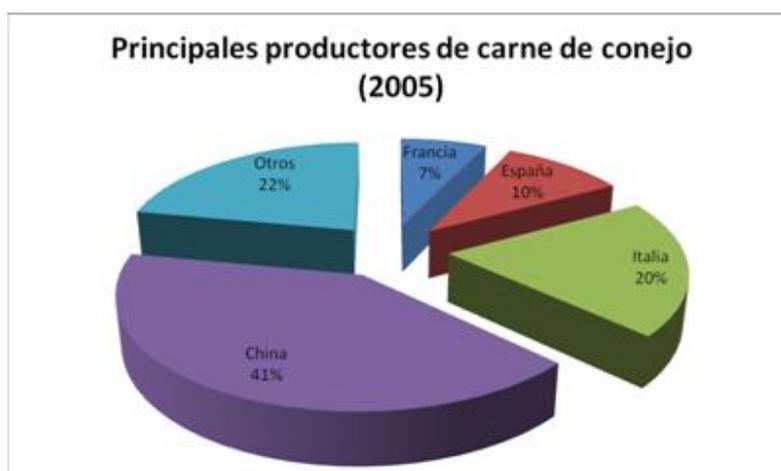


Figura 7. Principales países productores de carne de conejo para el año 2005

Tabla 6. Principales productores en el mundo de carne de conejo en Tn/año, en el 2005 (Urizal, 2006)

| Pais | Toneladas /año | Participación relativa (%) |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| China | 500.000 | 32.74 |
| Italia | 225.00 | 21.49 |
| España | 108.00 | 12.16 |
| Francia | 87.000 | 9.53 |
| Egipto | 69.840 | 5.90 |
| República Checa | 38.500 | 3.55 |
| Alemania | 33.000 | 3.44 |
| Ucrania | 14.000 | 1.62 |
| Federación Rusa | 9.000 | 1.31 |
| Hungría | 8.000 | 1.16 |
| Resto | 312.445 | 7.1 |
| Total | 1.157.843 | 100.00 |

El consumo medio mundial se estima en 300 g de carne de conejo por persona al año. En la unión Europea, el consumo llega a 1.7 Kg por habitante al año, siendo Italia el primer país consumidor con 5.3 Kg. Nápoles posee un consumo por habitante más alto del mundo con 15 Kg por año. En China, el primer productor mundial, se consumen menos de 10 Kg por habitante puesto que la actividad está orientada a la producción de pelo. En Asia, además de China, la cría de conejos está desarrollada principalmente en Indonesia (Urizal, 2006).

1.7.1 Producción de carne de conejo en México

En los 70's la cunicultura en México era un negocio de traspatio y las familias de escasos recursos criaban conejos para el autoconsumo. Hoy la reproducción de estos animales se está realizando a nivel industrial y con buenos resultados. Sin embargo, de acuerdo con el departamento de Fomento Porcino, Avícola, y de otras especies, de la Secretaría de Agricultura, en México la cunicultura a nivel industrial se ha aprovechado apenas un 10% de su potencial (Coss y León, 2002).

Existen diversos productores de conejo, pero se trata de gente que normalmente destina su producción al abasto de restaurantes en específico y algunas cadenas comerciales; sin embargo, no hay un mercado específico para la carne de conejo dado que no existe un hábito de consumo porque no está disponible en las tiendas y no se ha promocionado en mayor medida su consumo (Coss y León, 2002).

En el año 2000, México ocupó el vigésimo lugar mundial como productor de carne de conejo, con alrededor de 15 mil Tn al año, de las cuales 12,500 son de pequeña escala. El principal productor de esta especie es: el Estado de México, seguido de Veracruz, San Luis Potosí, Baja California, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Tlaxcala e Hidalgo donde también existe un número importante de granjas (Coss y León, 2002).

El consumo anual *per capita* de carne de conejo en nuestro país hasta el año 2000 era de entre 60 y 80 g, por lo cual es un alimento prácticamente desconocido para la mayoría de los mexicanos, se tiene un mercado nacional, regional y local virgen, quien incursione formalmente en la producción de conejo en México no tiene competencia (Coss y León, 2002).

Para el año 2006 el consumo *per capita* de carne de conejo en México es de 400 g, cifra aun insignificante si se compara con el consumo de pollo, que es de 22 Kg y con el de cerdo que es de 16 Kg (Arredondo, 2006).

1. JUSTIFICACIÓN

La producción y consumo de la carne de conejo en México es bastante baja en comparación con otros países y por lo general se trata de explotaciones pequeñas de carácter familiar pues la demanda de este tipo de carne es poco relevante a pesar de sus bondades nutricionales. Sin embargo recientemente se ha visto que el aumento en la producción y consumo de este animal puede ayudar al desarrollo de zonas rurales como complemento de los ingresos familiares. Al tratarse de pequeñas empresas se hace imprescindible la vinculación de las mismas con Universidades y Centros de Investigación para la implementación de nuevos procesos y sistemas de distribución.

La empresa Mujeres de Cacaloapan, S.A. de C.V., está dedicada a la cría y venta de carne de conejo; e inmersa en un proceso de ampliación de su granja para llegar a producir de 300 o 350 conejos por semana. El aumento de la producción les obliga a ampliar su mercado a más municipios o estados de la República considerando en primer lugar la distribución de carne fresca empacada a vacío. La empresa solicitó a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo los estudios necesarios para determinar la vida de anaquel del producto, así como su calidad microbiológica ya que se debe ofrecer un producto seguro al consumidor. Este estudio se realizó con financiamiento de la “Fundación Hidalgo Produce”.

2. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de vida de anaquel de canales de conejo empacadas a vacío y almacenadas bajo condiciones de refrigeración a temperaturas de 8 °C y 4 °C, mediante análisis microbiológicos y sensoriales.

3.1. OBJETIVOS ESPÉCIFICOS

1. Estudiar microbiológicamente y sensorialmente la carne de conejo envasada a vacío y almacenada a 8 °C frente a la carne conservada en condiciones aerobias.
2. Estudiar microbiológicamente y sensorialmente la carne de conejo envasada a vacío y almacenada a 4 °C, frente a la carne conservada en condiciones aerobias.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Muestras

Las muestras fueron suministradas por la empresa “Mujeres de Cacaloapan” ubicada en el municipio de Huasca de Ocampo en el poblado de Cacaloapan, Estado de Hidalgo.

Se utilizaron 68 medias canales de conejo de las razas: California y Nueva Zelanda blanca, sacrificadas a las 9:00 a.m. del mismo día del empacado, por el personal de la granja y oreadas de acuerdo al procedimiento habitual de la empresa.

Después del proceso de sacrificio y una vez que las canales estaban limpias se transportaron en un contenedor de plástico (Figura 8) hasta el lugar donde se realizó el despiece (se obtuvieron medias canales).



Figura 8. Condiciones de transporte de la canal para despiece

La superficie en donde se llevó a cabo este procedimiento era de madera, éste se limpió con jabón y agua antes de colocar las canales. Para destazar las canales se utilizaron tijeras previamente lavadas con jabón y agua (Figura 9).

De cada canal la mitad se colocó en una bolsa de polietileno PE (70 μ m) y la otra media canal se colocó en bolsas especiales para vacío (BT300). Estas se distribuyeron de tal manera que se tuvieran la misma cantidad de medias canales con cabeza y sin cabeza en bolsas de polietileno y en bolsas para vacío. Una vez listas todas las medias canales se

transportaron al laboratorio en hieleras para mantenerlas a bajas temperaturas hasta el momento del empaclado.



Figura 9. Obtención de las medias canales

Una vez en el laboratorio se cerraron las bolsas a vacío con la empacadora a vacío EV-20 (TOR REY, México) y se almacenaron en refrigeración y en oscuridad. Para las muestras almacenadas en condiciones aerobias fueron cerradas de forma normal, haciendo un nudo en la parte superior de la bolsa.

Se realizaron 2 experimentos: en el primero 16 paquetes de carne de conejos envasados al vacío y 18 paquetes en condiciones aerobias se almacenaron a $8\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. En el segundo experimento la misma cantidad de paquetes a vacío y en condiciones aerobias, que en el experimento anterior fueron almacenadas a 4 °C (Tabla 7).

Tabla 7. Distribución de los paquetes para el almacenamiento.

| Temperatura | Tipo de empaque | Cantidad |
|-------------|-----------------|----------|
| 8 °C | Aerobio | 18 |
| | Vacío | 16 |
| 4 °C | Aerobio | 18 |
| | Vacío | 16 |

Se realizaron muestreos para el análisis de pH y microbiológico, los días: 0, 1, 4, 7, 11, 14 y 18. Para el análisis sensorial que se llevó a cabo sólo en algunos días en específico, que más adelante se mencionarán. El día cero solo se abrieron dos medias canales

almacenadas en condiciones aerobias, a partir del día 1 hasta el día 18 se abrieron 2 paquetes a vacío y 2 paquetes en condiciones aerobias. Esto se realizó de la misma manera tanto para los paquetes almacenados a 8 °C como para los que estaban a 4 °C.

En el caso del análisis sensorial, para el experimento de conservación a 8 °C, se realizó una prueba triangular para detectar si existía diferencia entre las muestras envasadas a vacío y en condiciones aerobias. Esta prueba se llevó a cabo después de haber tomado la muestra para realizar análisis microbiológico y de haber determinado el pH de la carne.

En el caso de las canales envasadas a vacío y en condiciones aerobias a 4 °C, se aplicó una prueba descriptiva para el análisis sensorial. La primera parte de este análisis consistió en evaluar aspectos visuales de la carne y se realizó antes de tomar las muestras correspondientes para el análisis microbiológico. Después de haber tomado estas muestras, se determinó el pH de la canal, por último se llevó a cabo la segunda parte de la prueba descriptiva que consistió en evaluar la carne cocida.

4.2. Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico se tomaron 10 g de muestra en condiciones estériles, de la parte del lomo o de la pata trasera (Figura 10), después se agregaron 90 ml de agua peptonada tamponada (Oxoid) estéril, se homogenizó en el stomacher durante 2 min y se realizaron diluciones decimales (NOM-110-SSA-1994).



Figura 10. Corte de la carne para el análisis microbiológico

El corte de la muestra para el análisis microbiológico se realizó siempre de manera superficial ya que es donde podemos encontrar la mayor carga microbiana. Una vez obtenido el corte, se determinaron los siguientes parámetros microbiológicos:

Recuento Total

Para llevar a cabo este análisis se utilizó agar Recuento Estándar (Bioxon), sembrando en profundidad y por duplicado, 1ml de las diluciones seleccionadas e incubando 48 h a una temperatura de 35°C, con base en la norma oficial mexicana NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa (Límite de detección 1 Log ufc/g).

Determinación de coliformes

Para la detección de coliformes se utilizó el medio agar Bilis Rojo Violeta (Bioxon), sembrando en profundidad 1ml de cada una de las diluciones seleccionadas, con doble capa de agar para darle condiciones de anaerobiosis, e incubando a 35°C durante 48 h. El conteo se realizó identificando las colonias típicas, las cuales son de color rojo oscuro, generalmente se encuentran rodeadas de un halo de precipitación debido a las sales biliares, el cual es de color rojo claro o rosa. Este proceso se realizó de acuerdo a la norma NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. (Límite de detección 1 Log ufc/g).

Determinación de mohos y levaduras

Se llevó a cabo en cajas petri con agar Dextrosa Sabouraud (Bioxon), sembrando 100 µl de cada dilución seleccionada en superficie e incubando a 35 °C durante 7 días. Posteriormente se contaron las colonias presentes. Se contaron hongos y levaduras por separado (Límite de detección 2 Log ufc/g).

Determinación de *Pseudomonas*

El medio empleado para esta determinación fue el medio *Pseudomonas* agar base (Difco) enriquecido con CFC (Cetrimida, Fucidina, Cefalosporina), para evitar el crecimiento de otros microorganismos que pudieran interferir en el desarrollo de *Pseudomonas*. La siembra se realizó en superficie, inoculando 100 µl de las diluciones apropiadas e incubando a 30 °C durante 48 h (Límite de detección 2 Log ufc/g).

Recuento de BAL

Para esta determinación se utilizó el agar MRS (Difco). La siembra se llevó a cabo en profundidad, con sobrecapa, inoculando 1 ml de cada dilución e incubando a 30°C por 48 h. El recuento se llevo a cabo identificando las colonias típicas que son blancas y de forma lenticular (Límite de detección 1 Log ufc/g).

Bochothrix thermosphacta

Se utilizó para este análisis el medio STAA CM0881 agar base para *Bochothrix thermosphacta*, preparado en el laboratorio de acuerdo a composición mostrada en la tabla 8.

Tabla 8. Composición del medio STAA CM0881 agar base para *Bochothrix thermosphacta*

| Formula | g/L |
|--|------------|
| Peptona (Bioxon) | 20.0 |
| Extracto de levadura (Bioxon) | 2.0 |
| Fosfato de Dipotasio hidrogenado (J.T. Baker) | 1.0 |
| Sulfato de magnesio (J.T. Baker) | 1.0 |
| Agar (Difco) | 13.0 |

Este medio fue adicionado con los siguientes antibióticos: sulfato de estreptomicina, acetato de talio y cicloheximida (Tabla 9), para hacerlo selectivo a este microorganismo, de igual forma que el suplemento SR0151 (Oxoid).

Tabla 9. Concentración de antibióticos del suplemento, integrado al medio para la determinación de *Bochothrix thermosphacta*

| Contenido | Para un Vial | Para 1L |
|-----------------------------------|--------------|----------|
| Sulfato de estreptomicina (Sigma) | 250.0 mg | 500.0 mg |
| Acetato de talio (Sigma) | 25.0 mg | 50.0 mg |
| Cicloheximida (Sigma) | 25.0mg | 50.0mg |

Una vez preparado el medio, se realizó la siembra, inoculando 100 μ L de cada dilución seleccionada, en superficie e incubando a 22 °C por 48 h. Se identificaron las colonias típicas que son de color beige o color paja de un diámetro aproximadamente de 0.5 a 1.0 mm. Este análisis solo se efectuó para las muestras almacenadas a 4 °C debido a que en el primer análisis se sospechó del crecimiento de este microorganismo debido a los resultados microbiológicos obtenidos (Limite de detección 2 Log ufc/g).

Determinación de *Salmonella*

Este procedimiento incluye diversas etapas, pre-enriquecimiento, en donde la muestra es enriquecida en un medio de cultivo no selectivo: en agua peptonada tamponada (Oxoid), el cual permite restaurar las células de *Salmonella* dañadas a una condición fisiológica estable; enriquecimiento selectivo: en caldo base Tetracionato (Bioxon) y caldo Rapaport Vassiliadis (Difico), en donde se incrementan las poblaciones de *Salmonella* y se inhiben otros microorganismos presentes en la muestra; Aislamiento selectivo: en agar XLD (Bioxon) y agar Verde Brillante Modificado (Bioxon), que son medios selectivos que restringen el crecimiento de otros géneros diferentes a *Salmonella*; confirmación mediante pruebas bioquímicas: en agar hierro y lisina (Bioxon) y agar de Hierro y Triple Azúcar

(Bioxon), donde se realiza la identificación genérica de los cultivos de *Salmonella* y se elimina todo cultivo falso (Figura 11). Este análisis se realizó siguiendo la norma oficial mexicana NOM-114-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos.

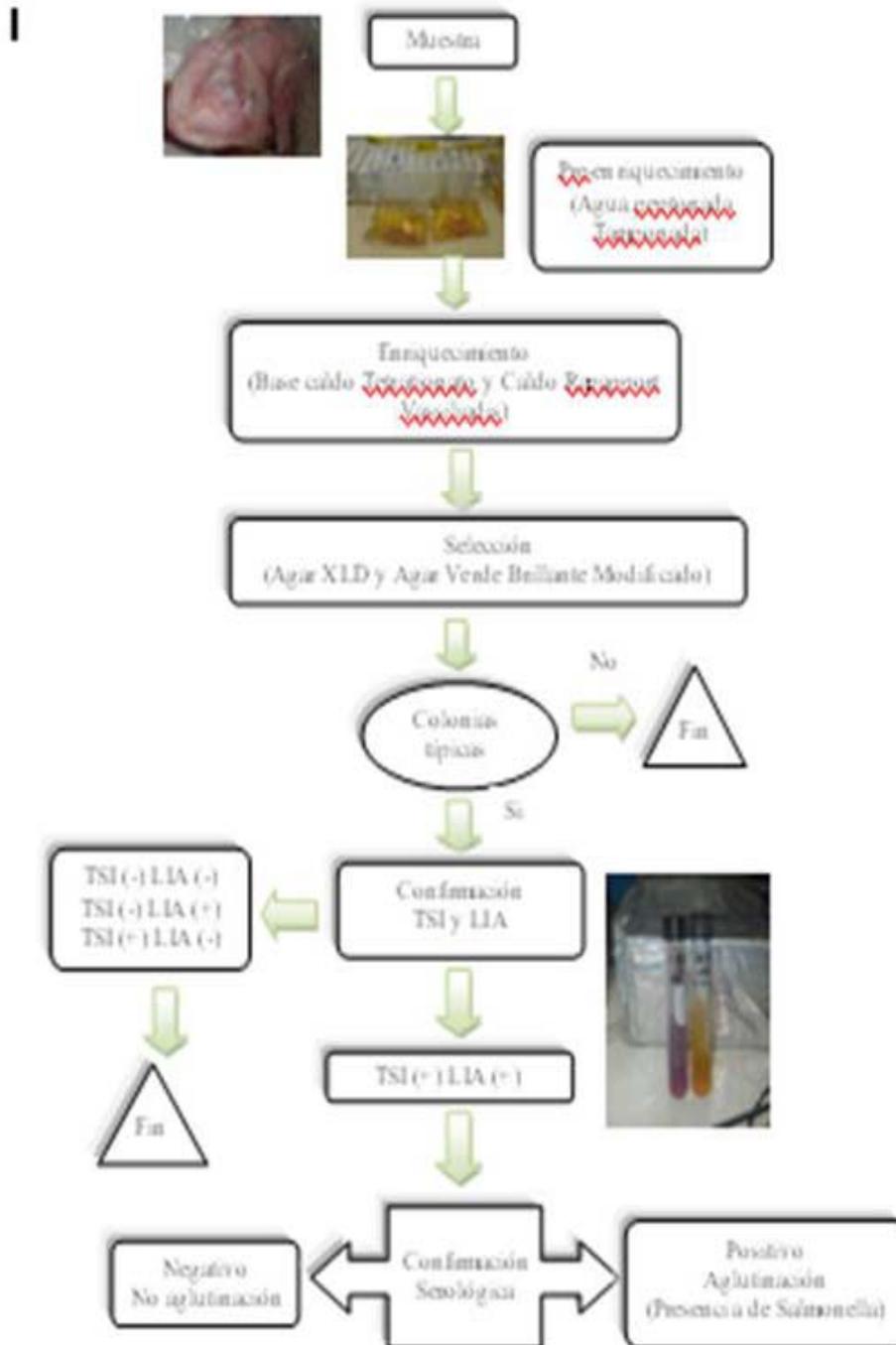


Figura 11. Diagrama para la determinación de *Salmonella*

Pre-enriquecimiento. Se llevó a cabo con agua de peptona tamponada (Oxoid), dejando incubar las bolsas que contenía la muestra a 37 °C por 2 h. Se tomaban 25 g de muestra en 225 ml de agua de peptona tamponada (Oxoid).

Enriquecimiento selectivo. Para este análisis, se tomó 1 mL de caldo de pre-enriquecimiento y se depositó en tubos que contenían 10 mL de base de caldo Tetrionato (Bioxon) con solución de yodo-yoduro (Bioxon) y caldo Rapaport Vassiliadis (Difico) incubando por 24 h a 42 °C.

Aislamiento selectivo. El aislamiento se realizó en placas de agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) (Bioxon) y agar Verde Brillante Modificado (Bioxon), sembrando en superficie por estrías a partir de los tubos de enriquecimiento. Se incubaron durante 42 h a 37 °C. Tras el periodo de incubación, en las placas donde se observaron colonias sospechosas se realizaron pruebas confirmatorias.

En la Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, se especifica que las colonias típicas de *Salmonella* presentan las siguientes características:

Agar XLD: colonias rosas o rojas que pueden ser transparentes con sin centro negro. En algunos casos debido a la presencia de Tiosulfato de Sodio y Amonio Citrato Hierro (III) las bacterias productoras de sulfuro de hidrógeno dan colonias completamente negras cuando el pH del medio se mantiene alto.

Agar Verde Brillante Modificado: colonias rojas o rosas que pueden ser transparentes rodeadas por medio enrojecido; las colonias fermentadoras de la lactosa dan colonias amarillas.

Se seleccionó una colonia típica bien aislada de cada medio selectivo, reuniendo cuatro colonias por muestra en total.

Confirmación: esta prueba se realizó en agar de Hierro y Lisina (LIA) (Bioxon) y agar de Hierro y Triple Azúcar (TSI) (Bioxon). Se realizó en tubos de agar inclinado por siembra en la superficie inclinada por punción en el fondo, dejándose incubar durante 25 h a 35°C.

Transcurrido el periodo de incubación se observó el crecimiento en los tubos y se consideró presuntivamente positivas para *Salmonella* las colonias que dieron las siguientes reacciones de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-114-SSA1-1994).

Para las cepas sembradas en agar TSI, se consideraba *Salmonella* positiva cuando en el fondo del tubo se observaba viraje del indicador a color amarillo debido a la fermentación de la glucosa; en la superficie del medio se observaba rojo más intenso que el medio original debido a la no fermentación de la glucosa ni de la sacarosa. En la mayoría de los casos se observa coloración negra a lo largo de la punción debido a la producción de ácido sulfhídrico. La producción de gas se observa por la formación de burbujas e incluso por la ruptura del propio agar.

En el caso de cepas sembradas en agar LIA, se consideraba *Salmonella* positiva cuando se observaba intensificación del color purpura en todo el tubo por la descarboxilación de la lisina. Sin embargo esta descarboxilación solo se puede hacer en un medio ligeramente ácido, que se consigue con la fermentación de la glucosa, por ello esta prueba está limitada a los microorganismos capaces de utilizar la glucosa. Cuando el pH del medio baja, el indicador vira a amarillo y por lo tanto, se consideran negativos aquellos cultivos que produzcan claramente color amarillo en el fondo del agar. La mayoría de las cepas de *Salmonella* producen ácido sulfhídrico en este medio con la formación de color negro, a lo largo de la punción. Además, pueden aparecer burbujas de gas que pueden incluso desplazar el medio (NOM-114-SSA1-1994).

Finalmente se realizó la prueba serológica a partir de los cultivos recuperados de LIA y TSI (en caso de que fueran positivas), primeramente se obtuvieron las colonias puras,

sembrando por estriado en placas de agar Nutritivo (Bioxon) y se incubaron por 24 h a 37 °C. Una vez transcurrido el periodo de incubación, por un lado del portaobjetos se colocaba una gota del antisuero *Salmonella* Pol. O: A-I+Vi (InDRE) y por otro lado se colocaba una gota de una solución salina y posteriormente se mezclaba con un poco de colonia. Se consideraba con prueba positiva cuando se presentaba aglutinación en el antisuero y no aglutinación en la solución salina.

4.3. Determinación del pH

Este análisis fue realizado con ayuda de un potenciómetro de punción HI 99161 (Hanna Instruments, E.E.U.U.).

Se realizaron tres punciones a cada media canal en las siguientes partes: lomo, pata trasera y pata delantera, siempre en el mismo orden (Figura 12).

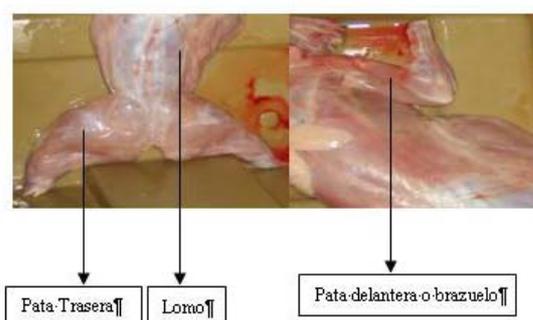


Figura 12. Puntos para la toma de pH

4.4. Análisis Sensorial

Se realizaron dos tipos de análisis: prueba triangular, que se llevó a cabo en el experimento a 8 °C y una prueba descriptiva en el experimento a 4 °C.

Conservación a 8 °C

El análisis sensorial se realizó mediante una prueba triangular utilizando un panel de 20 jueces no entrenados, con el objetivo de saber si los jueces detectaban diferencias significativas en el sabor de las muestras empacadas a vacío y las muestras almacenadas en condiciones aerobias. Este análisis se realizó los días 4, 7, y 11 del periodo de almacenamiento.

Las muestras presentadas a cada juez fueron preparadas de la siguiente manera: la carne se cortó en cubos de aproximadamente 3cm x 1cm x 1cm y se colocaron tres muestras en platos rotulados con número de tres dígitos (estas claves fueron diferentes para cada juez y se determinaron mediante un programa de aleatorización de claves para prueba triangular). Estas muestras fueron cocinadas en horno de microondas por 20 s y se le proporcionaron al catador, junto con la ficha de cata correspondiente para su muestra. (Figura 13).

El análisis de los resultados se hizo de acuerdo a un nivel de significación de 0.05 utilizando las tablas correspondientes para la prueba triangular (Meilgaard y col., 1999).

| | | | |
|---|-----|---------------------|-----|
| Muestra: Carne | | Fecha: _____ | |
| Nombre: _____ | | | |
| Evalúe por favor las tres muestras presentadas de izquierda a derecha. Rodee con un círculo la clave de la muestra que considera distinta y explique porque es diferente. | | | |
| Clave | 753 | 229 | 582 |
| Comentario: _____ | | | |
| _____ | | | |
| _____ | | | |
| _____ | | | |
| ¡Gracias! | | | |

Figura 13. Ficha de cata utilizada para la prueba triangular.

Conservación a 4°C

Para el experimento de conservación a 4°C se realizó una prueba descriptiva utilizando un panel de 5 jueces semientrenados. El entrenamiento de los jueces se llevó a cabo en 4 sesiones previas al análisis para familiarizar a los jueces con los atributos a evaluar y 8 sesiones de entrenamiento en la escala a utilizar.

La evaluación se realizó en dos etapas: en la etapa 1 evaluaron aspecto visual y olor al abrir la bolsa; en la segunda etapa se evaluó el olor y el sabor de la carne cocinada, este último se realizaba cocinando la carne como se indicó anteriormente.

Las muestras que se les presentaron fueron obtenidas de la forma antes mencionada, a cada juez se le proporcionaron dos muestras codificadas, que se evaluaron de acuerdo a una escala de 5 puntos en donde 1 era inaceptable y 5 era excelente. Para cada uno de los parámetros evaluados se proporcionó una ficha de cata (Figuras 14 y 15). La toma de muestra para esta prueba se llevó a cabo después de haber tomado la muestra para el análisis microbiológico y medido el pH.

| | | | | |
|---|------|-----------|-------|-----------|
| Evaluación de: Aspecto visual | | | | |
| Nombre: _____ Código: _____ Fecha: _____ | | | | |
| Después de observar la muestra detenidamente , marca con una X la respuesta que prefieras | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ----- ----- ----- ----- ----- | | | | |
| Inaceptable | Malo | Aceptable | Bueno | Excelente |
| ¡MUCHAS GRACIAS! | | | | |
| Evaluación de: Olor al abrir bolsa | | | | |
| Nombre: _____ Código: _____ Fecha: _____ | | | | |
| Huela la muestra que se le proporciona, marque con una X la respuesta que usted prefiera y en caso de percibir algún olor especifique el olor que percibió. | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ----- ----- ----- ----- ----- | | | | |
| Inaceptable | Malo | Aceptable | Bueno | Excelente |
| Especifique el olor: _____ | | | | |
| ¡MUCHAS GRACIAS! | | | | |

Figura14. Ficha de cata para la evaluación de aspecto visual y olor

| | | | | |
|---|------|-----------|-------|-----------|
| Evaluación de: Sabor y olor de carne cocinada | | | | |
| Nombre: _____ Código: _____ Fecha: _____ | | | | |
| Huela y pruebe la muestra que se le proporciona, marque con una X la respuesta que usted prefiera y en caso de percibir algún olor no aceptable especifique que olor percibió | | | | |
| OLOR | | | | |
| ----- ----- ----- ----- ----- | | | | |
| Inaceptable | Malo | Aceptable | Bueno | Excelente |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| SABOR | | | | |
| ----- ----- ----- ----- ----- | | | | |
| Inaceptable | Malo | Aceptable | Bueno | Excelente |
| Especifique el olor y el sabor que percibió: _____ | | | | |
| _____ | | | | |
| ¡MUCHAS GRACIAS! | | | | |

Figura 15. Ficha de cata para la evaluación de sabor y olor de la carne cocinada

4.5. Análisis estadístico

A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza, siendo los factores método de conservación y tiempo de almacenamiento; las medias se ordenaron mediante el test LSD con un nivel de significación de 0.05. Las pruebas estadísticas se realizaron con el programa Statgraphics Plus versión 4.0 para Windows.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se mencionó en el apartado de material y métodos, se realizaron 2 experimentos que consistieron en llevar a cabo un envasado a vacío y un envasado en condiciones aerobias, conservando las muestras a temperaturas de 8 y 4 °C.

5.1. Conservación de muestras envasadas a vacío y en condiciones aerobias a 8 °C

Se analizaron 34 medias canales e hicieron determinaciones microbiológicas y de pH en diferentes días de almacenamiento (0, 1, 4, 7, 11, 14 y 18 días). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados de los análisis microbiológicos y de pH para las muestras almacenadas en condiciones aerobias y a vacío a una temperatura de 8 °C.

| Parámetro | | Tiempo de almacenamiento (Días) | | | | | | |
|--------------------|---------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | | 0 | 1 | 4 | 7 | 11 | 14 | 18 |
| pH | Aerobio | ^A 6.02 ^a | ^A 6.09 ^{ab} | ^A 5.83 ^a | ^B 5.80 ^a | ^A 6.00 | ^A 6.05 ^a | ^B 6.44 ^b |
| | Vacío | ^A 6.02 ^c | ^A 5.88 ^{abc} | ^A 5.93 ^{bc} | ^A 5.67 ^{ab} | ^A 5.83 | ^A 5.83 ^{abc} | ^A 5.62 ^a |
| Recuento total | Aerobio | ^A 3.71 ^a | ^B 4.27 ^b | ^A 4.95 ^c | ^B 7.83 ^d | ^B 7.97 ^{de} | ^A 8.32 ^e | ^A 8.97 ^f |
| | Vacío | ^A 3.71 ^{ab} | ^A 3.48 ^a | ^A 4.70 ^b | ^A 6.51 ^c | ^A 7.92 ^d | ^A 8.14 ^d | ^A 8.71 ^d |
| Coliformes | Aerobio | ^A 1.99 ^a | ^A 2.80 ^b | ^A 3.84 ^c | ^B 7.45 ^d | ^A 7.80 ^d | ^B 8.46 ^e | ^A 9.19 ^f |
| | Vacío | ^A 1.99 ^a | ^A 2.63 ^a | ^A 4.44 ^b | ^A 6.68 ^c | ^A 7.42 ^{cd} | ^A 7.16 ^c | ^A 8.40 ^d |
| Bacterias lácticas | Aerobio | ^A 4.11 ^b | ^A 2.75 ^a | ^A 3.06 ^a | ^A 6.71 ^c | ^A 7.57 ^d | ^B 9.31 ^e | ^A 9.50 ^e |
| | Vacío | ^A 4.11 ^a | ^B 3.41 ^a | ^B 3.59 ^a | ^A 6.89 ^b | ^A 7.52 ^b | ^A 7.69 ^b | ^A 8.74 ^c |
| <i>Pseudomonas</i> | Aerobio | ^A 2.35 ^a | ^A 3.90 ^b | ^B 5.01 ^c | ^B 8.25 ^d | ^B 9.54 ^e | ^B 9.61 ^e | ^B 9.56 ^e |
| | Vacío | ^A 2.35 ^a | ^A 3.20 ^b | ^A 4.36 ^c | ^A 5.68 ^d | ^A 7.49 ^f | ^A 8.17 ^f | ^A 6.66 ^e |
| Hongos y levaduras | Aerobio | ^A 3.66 ^a | ^A 5.08 ^b | ^A 5.64 ^c | ^B 8.45 ^d | ^A 8.58 ^d | ^A 9.04 ^e | ^B 9.80 ^f |
| | Vacío | ^A 3.66 ^a | ^A 4.47 ^{ab} | ^A 5.36 ^b | ^A 6.58 ^c | ^A 7.96 ^{de} | ^A 8.75 ^e | ^A 7.31 ^{cd} |

^{abc}: medias en la misma fila con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

^{AB}: medias en misma columna con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05) para cada parámetro evaluado.

Comparando el comportamiento del pH entre métodos de empaçado podemos observar que el tipo de empaçado no tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en los valores de pH, sin embargo el efecto del tiempo de almacenamiento si tuvo efecto significativo ($P < 0.05$). En las muestras almacenadas en condiciones aerobias, muestra un ligero aumento hasta el día 18, y en las muestras a vacío el pH muestra una ligera disminución (Tabla 10).

Para las muestras almacenadas en condiciones aerobias el pH inicial de la carne fue alto (6.02 ± 0.14) en comparación con los de otras carnes como la carne de res (5.4-5.5) (Fernández, 2000). Sin embargo concuerda con resultados obtenidos por Rodríguez-Calleja y col. (2005) que analizaron carne de conejo empaçada a vacío. Durante el tiempo de almacenamiento las muestras mostraron un comportamiento ascendente (Figura 16) hasta llegar a 6.44 ± 0.44 en el día 18 (Tabla 10).

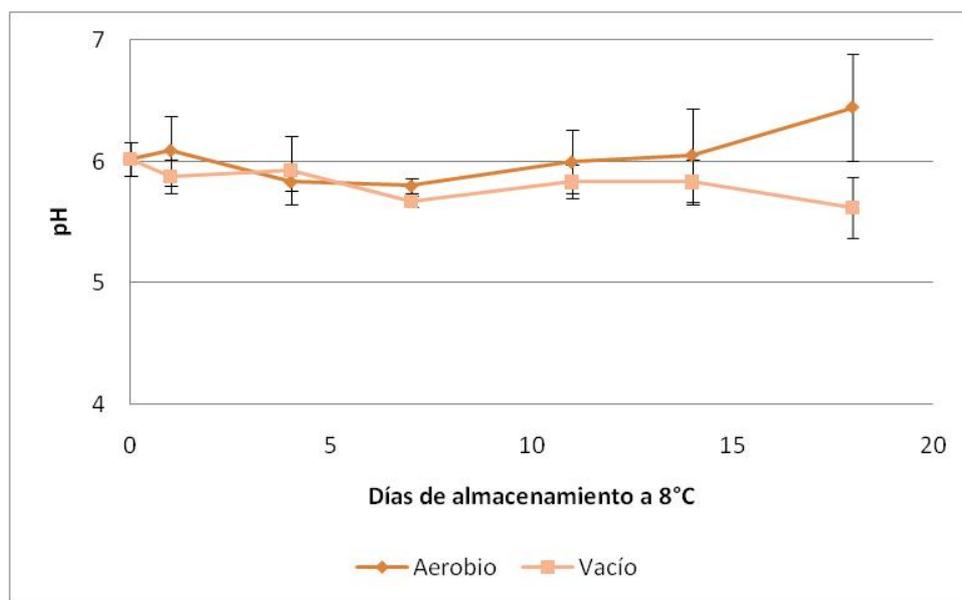


Figura 16. Valores de pH de carne de conejo almacenada a 8 °C en condiciones aerobias y a vacío

El comportamiento del pH entre las muestras almacenadas a vacío y en aerobio puede deberse a que en cada una de las condiciones de empaçado se favorece a cierto tipo de microorganismos, los cuales dan como resultado productos que ocasionan el cambio de pH.

En las canales de carne de conejo empacadas a vacío el pH muestra un comportamiento descendente, debido a que en este caso las bacterias predominantes son las BAL, las cuales producen ácido láctico como resultado de su desarrollo, lo cual provoca la disminución del pH superficial de la carne (Fernández, 2000). Además, se agrega el efecto que tiene el empaque, ya que se elimina el O₂ y se empieza a generar CO₂ como resultado del metabolismo de los microorganismos, este CO₂ se disuelve en la fase acuosa de la carne y se genera ácido carbónico, que también contribuye a esta disminución del pH (Brody, 1996).

En las muestras almacenadas en condiciones aerobias, el pH va incrementando debido a que se favorece el crecimiento de bacterias, como *Pseudomonas*, que es un microorganismo psicrotófo y proteolítico, es decir, que su actividad en la carne provoca la degradación de las proteínas dando como resultado la producción de compuestos como: aminas (putrescina y cadaverina), resultantes de la descarboxilación de aminoácidos, de estos dos compuestos la putrescina es el principal producto de la actividad de *Pseudomonas* (Fernández, 2000), además se libera amoníaco y sulfuros que elevan el pH (Brody, 1996).

En cuanto al crecimiento de los microorganismos en la carne de conejo almacenada a 8 °C podemos observar similitud en los recuentos de carne en condiciones aerobias y en carne empacada a vacío (Figuras 17a y b).

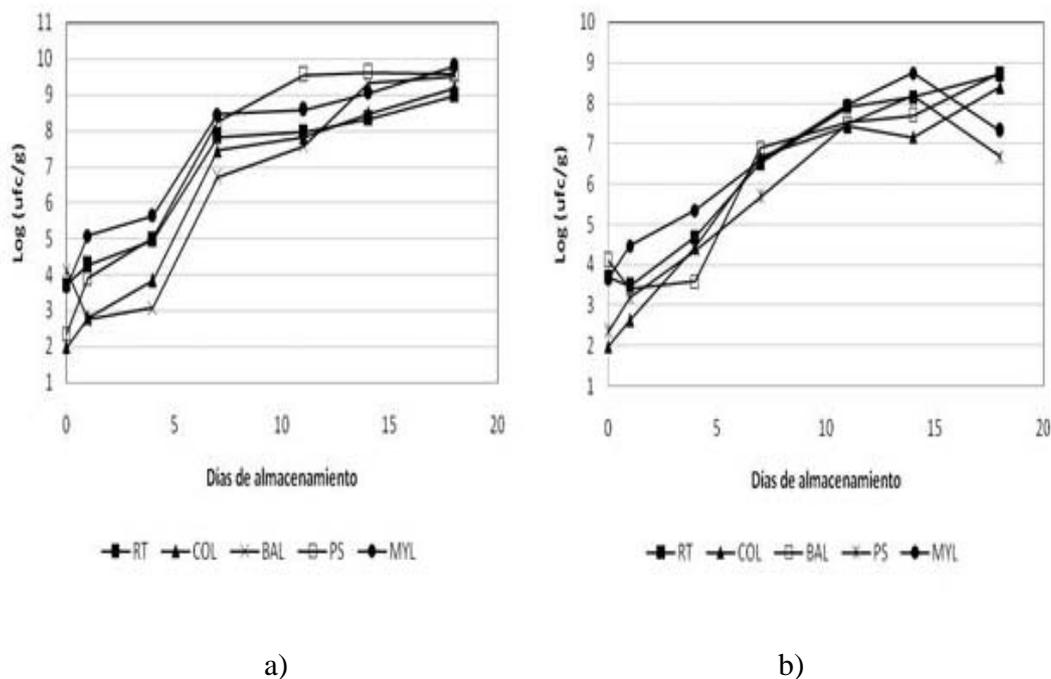


Figura 17. Desarrollo de los análisis microbiológicos durante el almacenamiento a 8°C a) condiciones aerobias b) a vacío.

Encontramos que el factor tiempo y el factor conservación influyeron significativamente en los resultados ($P < 0.05$). En los dos tipos de almacenamiento la tendencia es un aumento de la cantidad de microorganismos conforme aumenta el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, la cantidad de *Pseudomonas* es mucho menor en las muestras almacenadas a vacío que en las muestras almacenadas en condiciones aerobias.

En el día 1 los recuentos detectados fueron entre los 2 y 3 Log ufc/g para mesófilos aerobios, *Pseudomonas*, coliformes, mohos y levaduras, mientras que para las bacterias lácticas fueron de 4 ± 0.37 Log ufc/g. Los bajos recuentos de estos microorganismos, nos muestran que el sacrificio y obtención de la canal fue llevado a cabo en buenas condiciones higiénicas (Fernández, 2000), condición principal para poder considerar al envasado a

vacío como una opción para la conservación de la carne, ya que el envasado al vacío solo nos permite frenar el proceso de deterioro natural del alimento (Parry, 1995).

Durante el almacenamiento existe un incremento en los grupos microbianos analizados, al día 18 llegaron a recuentos de 8 y 9 Log ufc/g, para los dos tipos de almacenamiento. Estos resultados nos muestran que a una temperatura de almacenamiento de 8 °C se incrementa la tasa de crecimiento de los microorganismos, ya que se tuvieron recuentos mayores a los 10^7 ufc/g a partir del día 7, tanto en las muestras almacenadas en aerobio como en las muestras almacenadas en vacío y una carne que muestra estos recuentos es microbiológicamente no apta para su consumo ya que la carne comienza a mostrar signos de deterioro, provocados por la acción de *Pseudomonas* dando productos tales como aminas, como la putrescina y cadaverina, H₂S, indol, escatol, isobutilamina, mercaptanos, amoníaco, metil, etil, y trimetilamina, entre otros, siendo el mayor producto la putrescina (Fernández, 2000).

Para los mesófilos aerobios se encontró un efecto significativo ($P < 0.05$) del tipo de empacado ya que al día 7 las muestras almacenadas en condiciones aerobias mostraban recuentos significativamente más altos que en condiciones anaerobias. Sin embargo, para los días 11 al 18 los recuentos para los dos tipos de almacenamiento no fueron significativamente diferentes. El efecto del tiempo en el crecimiento de mesófilos aerobios también fue significativo ($P < 0.05$), ya que en los dos tipos de almacenamiento, conforme aumentaba el tiempo el número de microorganismos también aumentó. El mismo efecto fue observado en los recuentos de los demás grupos microbianos analizados excepto en *Pseudomonas*.

Pseudomonas alcanzó para el día 18 recuentos de 9.56 ± 0.39 Log ufc/g y a vacío 6.66 ± 0.45 Log ufc/g ya que el plástico del empaque, permite cierta permeabilidad al oxígeno por lo que su crecimiento no es anulado (Figura 18), resultado que concuerda con los obtenidos por Blixt y Borch (2001), donde analizaron carne de cerdo y vacuno envasada al vacío y almacenada a 4 °C.

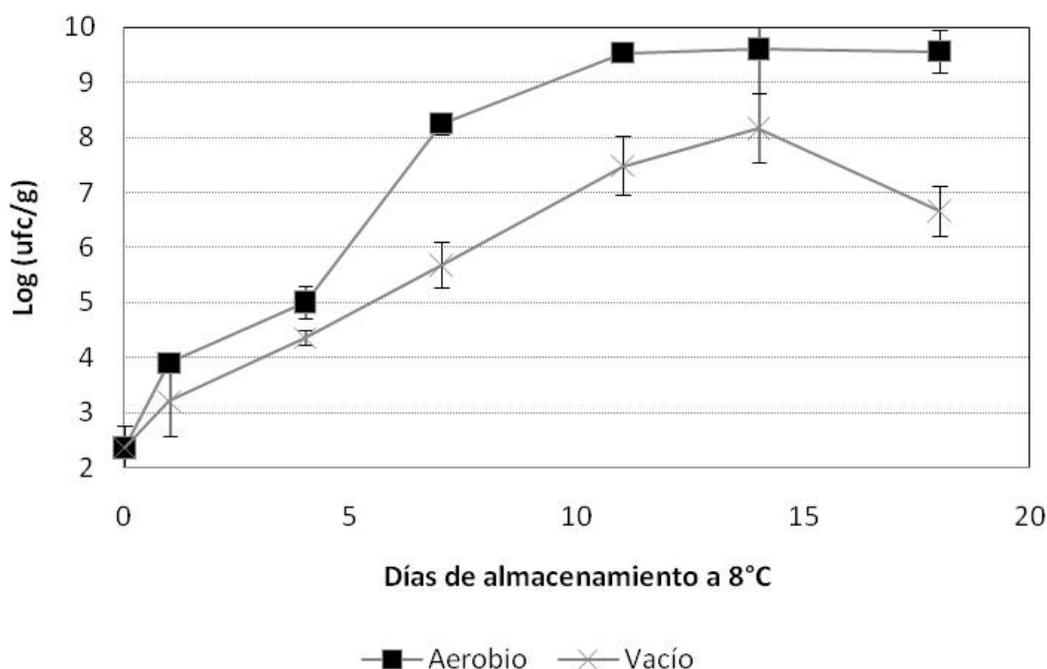


Figura 18. Desarrollo de *Pseudomonas* en carne de conejo empacada a vacío y en condiciones aerobias a 8 °C

Estadísticamente para los recuentos de *Pseudomonas*, existe efecto significativo ($P < 0.05$) del tipo de conservación sobre este parámetro, presentando para las muestras en condiciones aerobias mayores recuentos que en las muestras a vacío debido a la disponibilidad de oxígeno. En el envasado en condiciones aerobias, como su nombre lo indica, la disponibilidad de oxígeno es bastante alta, favoreciendo entonces el crecimiento de microorganismos deterioradores como *Pseudomonas*, que es una bacteria gram negativa, que prevalece a bajas temperaturas. En refrigeración estos microorganismos crecen más rápidamente que las especies competidoras (Brody, 1993), causando una degradación de las proteínas de la carne provocando una apariencia de putrefacción y olores desagradables y ya en etapas más avanzadas se presenta una mucosidad en la superficie de la carne, que es

el resultado de la coalescencia de las colonias de microorganismos y proteínas estructurales de la carne (Fernández, 2000).

Pseudomonas fue el microorganismo dominante junto con hongos y levaduras para las muestras almacenadas en condiciones aerobias, resultado ampliamente reportado en la literatura (Panagiotis y George-Jonh., 2002; Patsias y col, 2005; Rubio y col, 2006; Perez Chabela y col, 1998).

En las muestras almacenadas a vacío el crecimiento de *Pseudomonas* es más lento debido a que la disponibilidad de oxígeno es menor, y por lo tanto, los microorganismos dominantes fueron las BAL, las cuales provocaran un grado de deterioro menor (menos desagradable) al que provoca *Pseudomonas*. De aquí que el envasado al vacío provoque un alargamiento de la vida de anaquel (Brody, 1993).

Cuando la carne es empacada a vacío el oxígeno residual es consumido por la actividad respiratoria de los tejidos, hay una acumulación de CO₂, entonces *Pseudomonas* y demás microorganismos oxígeno-dependientes ceden el espacio a las BAL, *B. thermosphacta* y miembros de de la familia *Enterobacteriaceae*, aunque estos últimos son desplazados por BAL (Fernández, 2000).

Debido a que no hubo fuerte desarrollo de BAL se pensó que podía haber crecimiento de *B. thermosphacta*, que es un microorganismo que suele desarrollar en carnes con pH > 6.0 y se decidió determinarlo posteriormente en el experimento a 4 °C.

Sin embargo, en los resultados obtenidos podemos ver que para las muestras almacenadas a 8 °C el crecimiento de BAL fue muy parecido, en los dos tipos de almacenamiento (Figura 19), debido a que en el empaque existe cierta permeabilidad al oxígeno, lo cual permite que los microorganismos aerobios tengan cierto desarrollo, además que la temperatura no es lo bastante baja como para afectar el desarrollo de microorganismos psicrótofos como *Pseudomonas*.

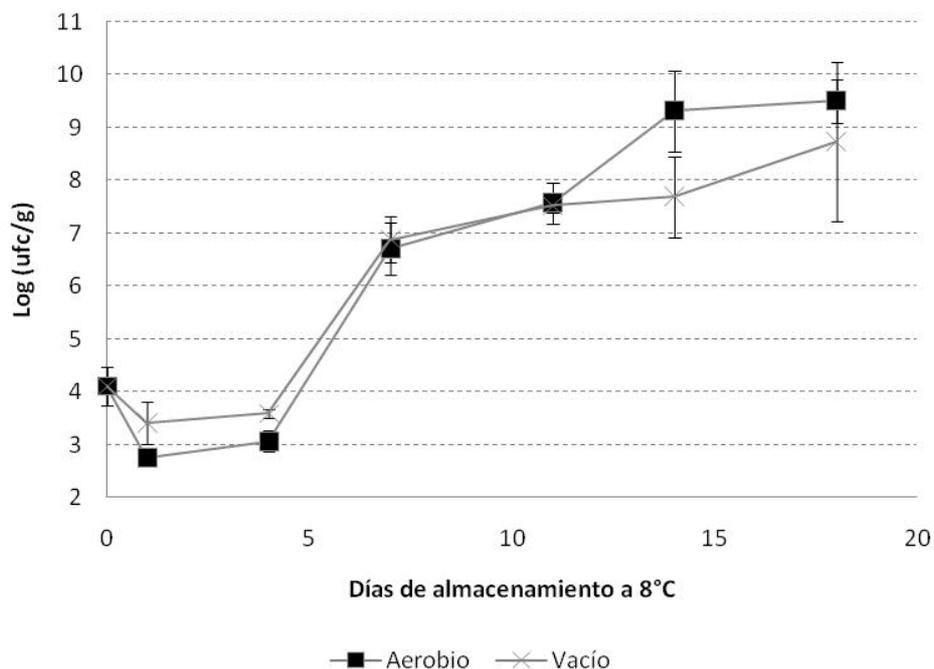


Figura 19. Desarrollo de bacterias ácido lácticas en carne de conejo almacenada en condiciones aerobias y al vacío a 8°C.

Que *Salmonella* no fuera detectada durante todo el periodo de almacenamiento, nos indica que el proceso de sacrificio y almacenamiento fue llevado bajo buenas condiciones de higiene. Se sabe que los animales son los responsables de la entrada de *Salmonella* al rastro, principalmente el ganado porcino (Hernández, 2004), por esta razón los resultados obtenidos del análisis de *Salmonella* resultaron negativos, además de que no existen reportes de enfermedades causadas por *Salmonella* debido al consumo de carne de conejo.

Resultados del análisis sensoriales para las muestras almacenadas a 8°C

En el experimento a 8 °C se realizó una prueba triangular los días 4, 7 y 11 del experimento, utilizando un panel de 20 jueces no entrenados, los resultados fueron analizados con las tablas correspondientes a un nivel de significación de 0.05. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la prueba triangular

| Días de almacenamiento | Total de jueces | Jueces que contestaron correctamente | Jueces que contestaron incorrectamente |
|------------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 4 | 20 | 9 | 11 |
| 7 | 20 | 10 | 10 |
| 11 | 20 | 16 | 4 |

En la tabla 11 podemos observar que el número de jueces que erraron en su respuesta (11 jueces) para el día 4, es mayor al número de jueces que contestaron correctamente (9), sin embargo, de acuerdo a lo establecido por Meilgaard y col., (1999), muestra que para una prueba de 20 jueces y un nivel de significancia del 0.05 debe haber como mínimo 11 respuestas correctas para que existan diferencias significativas entre las dos muestras. Por lo tanto se puede decir que el día 4 los jueces no pudieron detectar diferencias entre las muestras envasadas a vacío y las muestras almacenadas en condiciones aerobias, lo mismo puede observarse en el día 7 en donde los resultados fueron iguales para las dos muestras.

Fue hasta el día 11 cuando los jueces pudieron detectar diferencias significativas entre las dos muestras (Tabla 11), el número de respuestas correctas fue de 16 y el de respuestas incorrectas fue 4.

Al analizar los comentarios realizados por los jueces a la hora de la evaluación los jueces manifestaron que para el día 7 las muestras almacenadas en condiciones aerobias estaban

ya en condiciones deterioradas, pues consideraban que la muestra tenía un olor y apariencia característico de una carne en proceso de putrefacción, y aunque las muestras empacadas a vacío también mostraban signos de deterioro, estos fueron menos apreciados. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Hesham, (2003), quien realizó pruebas sensoriales de carne de conejo almacenada en refrigeración (4°C) y los jueces encontraron diferencias en las muestras analizadas al día 7 de almacenamiento.

La realización de esta prueba sensorial nos aportó datos para poder identificar que con el envasado al vacío se logra que la carne retarde su proceso de deterioro en comparación con la que fue envasada en condiciones aerobias, aunque los dos tipos de muestras mostraban signos de deterioro, las muestras almacenadas al vacío lo presentaban en un menor grado. Ya que esta prueba sensorial solo nos permite identificar diferencias significativas entre las dos muestras, se optó por realizar una prueba descriptiva que nos permitiera establecer con más detalle los cambios en las características sensoriales que la carne va experimentando durante el tiempo de almacenamiento. Esta prueba fue realizada para las muestras almacenadas a 4 °C.

5.2. Conservación de muestras envasadas a vacío y en condiciones aerobias a 4°C

En esta parte del experimento pudimos observar datos acerca del crecimiento de bacterias ácido lácticas, *Pseudomonas*, y *Bochothrix thermosphacta*, que es un microorganismo de interés en las muestras almacenadas a vacío ya que es uno de los principales microorganismos deterioradores que pueden desarrollar en condiciones de anaerobiosis cuando el pH es superior a 6.0 (Fernández, 2000), además se muestran los resultados del análisis de pH y pruebas sensoriales, realizados durante todos los días de almacenamiento (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados de análisis microbiológico y de pH para las muestras almacenadas en condiciones aerobias y a vacío a una temperatura de 4°C

| Parámetro | | Tiempo de almacenamiento | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|--------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--|
| | | 0 | 1 | 4 | 7 | 11 | 14 | 18 | |
| pH | Aerobio | A5.31 ^a | A5.75 ^b | B5.94 ^{bc} | B6.07 ^{cd} | B6.35 ^{de} | B6.42 ^e | B6.58 ^e | |
| | Vacío | A5.31 ^d | B6.05 ^f | A5.73 ^e | A5.39 ^d | A5.24 ^{cd} | A5.05 ^{ab} | A4.99 ^a | |
| Recuento total | Aerobio | A3.42 ^a | B5.31 ^b | B5.26 ^b | B7.38 ^c | B8.23 ^d | B8.24 ^d | B8.58 ^e | |
| | Vacío | A3.42 ^a | A4.66 ^b | A4.78 ^b | A5.40 ^c | A6.62 ^d | A6.89 ^d | A7.03 ^d | |
| Coliformes | Aerobio | A1.30 ^a | A2.16 ^b | A3.73 ^c | B7.14 ^d | B7.57 ^e | B8.36 ^f | B8.28 ^f | |
| | Vacío | A1.30 ^a | A2.51 ^b | A3.74 ^c | A5.14 ^d | A5.67 ^e | A6.68 ^f | A6.63 ^f | |
| Bacterias lácticas | Aerobio | A< 1 ^a | A3.15 ^b | A3.24 ^b | A3.74 ^c | A4.25 ^d | A5.82 ^e | A6.66 ^f | |
| | Vacío | A< 1 ^a | A3.47 ^b | B3.77 ^b | B4.86 ^c | B5.70 ^d | B7.36 ^e | B8.83 ^f | |
| <i>Pseudomonas</i> | Aerobio | A< 2 ^a | B2.70 ^b | B4.73 ^c | B6.41 ^d | B7.44 ^e | B8.49 ^f | B8.95 ^g | |
| | Vacío | A< 2 ^a | A< 2 ^a | A2.48 ^b | A3.51 ^c | A4.02 ^d | A4.45 ^e | A4.71 ^e | |
| <i>Bochothrix thermosphacta</i> | Aerobio | A< 2 | A< 2 | A< 2 | A< 2 | A< 2 | A< 2 | A< 2 | |
| | Vacío | A< 2 | A< 2 | A< 2 | B3.46 | B4.45 | B4.66 | B4.83 | |
| Mohos y levaduras | Aerobio | A4.39 ^a | A4.47 ^a | A4.2 ^a | A6.55 ^b | B8.8 ^c | B9.38 ^d | B9.87 ^e | |
| | Vacío | A4.39 ^a | A4.3 ^a | A4.27 ^a | A6.11 ^b | A6.7 ^b | A8.75 ^c | S9.38 ^d | |

^{abc}, medias en la misma fila con diferente letra, son significativamente diferentes (P<0.05)

^{ABC}, medias en la misma columna con diferente letra, son significativamente diferentes (P<0.05) para cada parámetro evaluado.

Se encontró que estadísticamente el tiempo y el tipo de envasado tuvieron un efecto significativo en los resultados de pH ($P < 0.05$). Se puede observar que en las muestras almacenadas en condiciones aerobias, el pH va aumentando conforme aumenta el tiempo de almacenamiento teniendo al día 18 valores de 6.58 ± 0.19 , y en las muestras almacenadas a vacío, el pH va disminuyendo hasta llegar al día 18 a valores de 4.99 ± 0.018 (Figura 20).

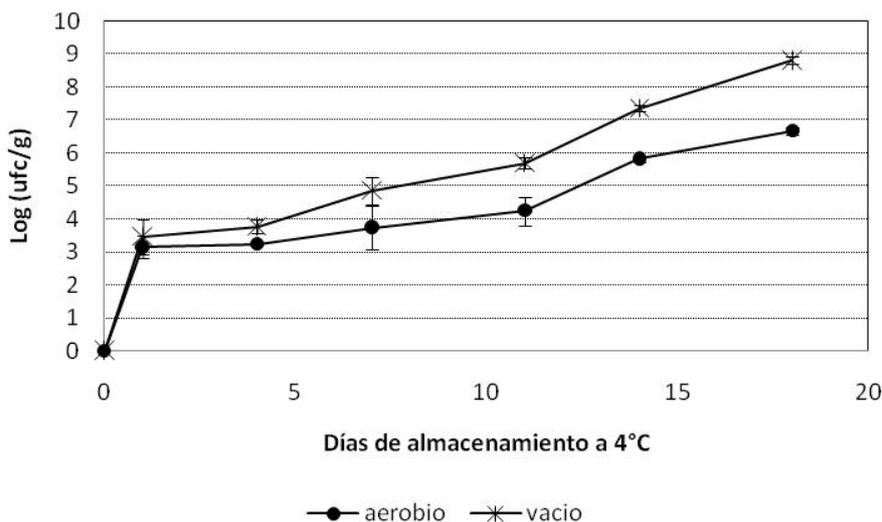


Figura 20. Valores de pH de carne de conejo almacenada a 4°C en condiciones aerobias y a vacío

Como fue mencionado anteriormente, esta diferencia de pH entre las muestras almacenadas en condiciones aerobias y las almacenadas al vacío es debida a que existen ambientes diferentes tanto en la atmósfera y en el desarrollo de microorganismos, mientras que en las muestras almacenadas en condiciones aerobias encontramos un desarrollo de microorganismos como *Pseudomonas*, la cual va a llevar a cabo proceso metabólicos que tendrán como resultado compuestos que provocaran el aumento del pH, en las muestras a vacío tenemos bacterias como las BAL que como resultado de su proliferación producen ácido láctico, lo cual provoca la disminución del pH.

Comparando los resultados obtenidos en las muestras almacenadas a 8 °C y a 4 °C, se observa que para las muestras almacenadas a vacío los valores de pH son más bajos para las muestras a 4 °C, debido a que en esta temperatura el crecimiento de las BAL es un poco más alto además, hay mayor inhibición de *Pseudomonas* y por lo tanto no hay compuestos básicos que puedan aumentar el pH de la carne, así tenemos una mayor cantidad de ácido láctico y por lo tanto un pH más bajo. A 8 °C el pH es más alto ya que hubo crecimiento tanto de BAL como de *Pseudomonas* y tenemos como resultado del metabolismo de estas bacterias, tanto compuestos ácidos como compuestos básicos.

Al igual que en las muestras almacenadas a 8 °C, podemos observar que los recuentos obtenidos en el día 1 son bajos (1 a 3 Log ufc/g). Estadísticamente el tiempo de almacenamiento y el método de empacado tuvieron un efecto significativo en los recuentos ($P < 0.05$), es decir, a mayor tiempo de almacenamiento el número de microorganismo aumentaba (Figura 21), sin embargo este aumento fue mucho más evidente en las muestras almacenadas en condiciones aerobias y menor en las muestras almacenadas a vacío, es aquí en donde podemos observar que el envasado a vacío tiene un efecto en donde se retrasa el deterioro de la carne.

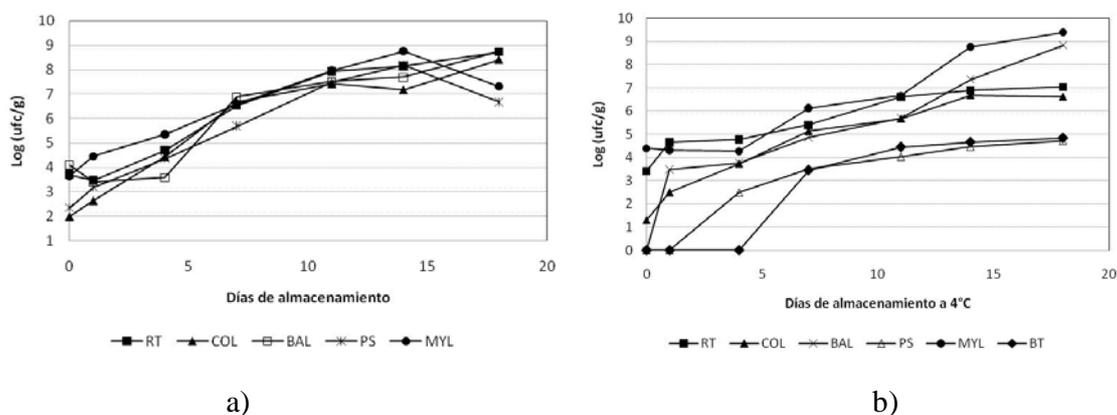


Figura 21. Desarrollo de los resultados de los análisis microbiológicos para las muestras almacenadas a 4°C, a) condiciones aerobias, b) a vacío.

Para los recuentos de mohos y levaduras se observa una tendencia de crecimiento igual para los dos tipos de almacenamiento. Sin embargo, como en este método de análisis determinamos dos tipos de microorganismos, debemos resaltar que en las muestras almacenadas a vacío los microorganismos dominantes encontrados en las placas fueron las levaduras, que son microorganismos, anaerobios; lo contrario sucedió en las muestras almacenadas en condiciones aerobias, donde los microorganismo dominantes fueron los hongos. Esto se pudo observar gracias a la morfología colonial que cada uno de estos microorganismos presenta.

Para los recuentos de *Pseudomonas*, podemos observar que el tiempo y el método de envasado tuvieron un efecto significativo ($P < 0.05$) en los resultados, mostrando así, que para las muestras almacenadas en condiciones aerobias, al día 7 ya mostraban recuentos superiores a los 6.41 ± 0.081 Log ufc/g, mientras que las muestras almacenadas al vacío tenían solo 3.50 ± 0.15 Log ufc/g (Figura 22). Con estos resultados podemos observar que el efecto de la temperatura es limitado en las muestras almacenadas en condiciones aerobias, lo cual no sucede en vacío en donde podemos ver que el desarrollo de *Pseudomonas* fue menor en comparación con los almacenados a una temperatura de 8°C .

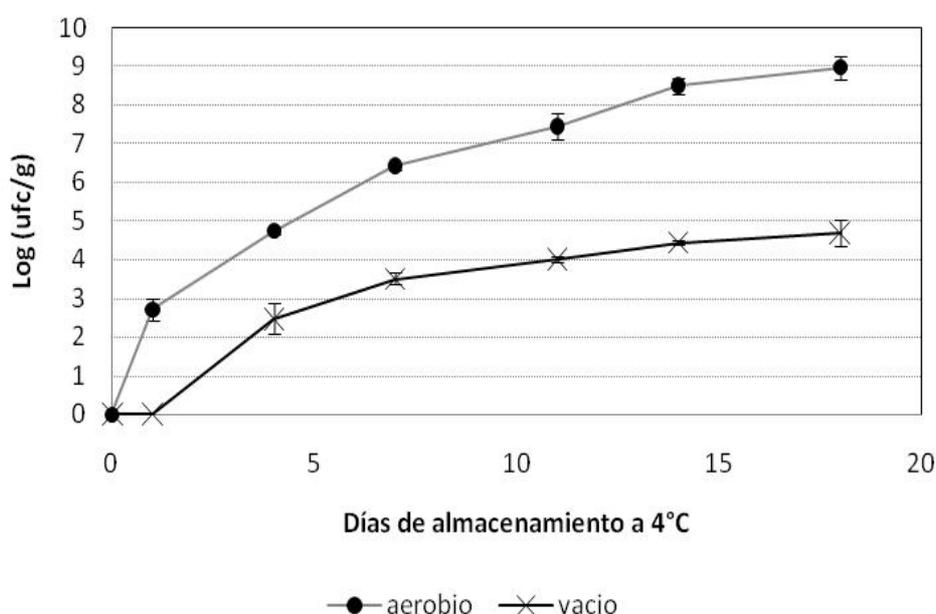


Figura 22. Desarrollo de *Pseudomonas* para las muestras almacenadas en condiciones aerobias y al vacío a 4°C .

El mismo efecto se muestra pero ahora con el desarrollo de BAL, ya que en las muestras almacenadas a vacío, estas fueron las que más se desarrollaron alcanzando al día 18 recuentos de 8.83 ± 0.12 Log ufc/g, y para las muestras almacenadas en condiciones aerobias, encontramos recuentos de 6.66 ± 0.11 Log ufc/g (Figura 23), estos resultados son debido al tipo de envasado, como se mencionó anteriormente. El envasado a vacío nos permite retardar el crecimiento de microorganismos aerobios que actúan como deterioradores de la carne, principalmente *Pseudomonas*, y se favorece el crecimiento de microorganismos microaerófilos o anaerobios como las BAL que también son microorganismos que pueden deteriorar la carne pero su efecto no es tan evidente o desagradable como el causado por *Pseudomonas*.

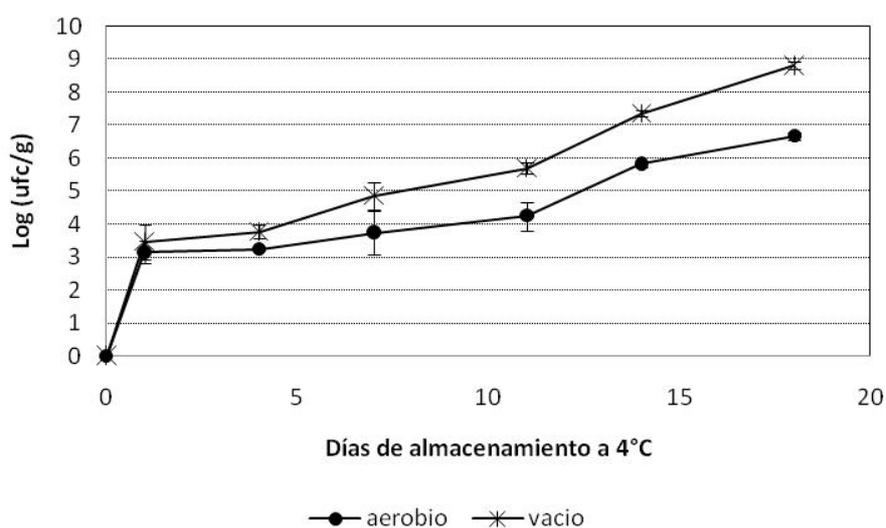


Figura 23. Desarrollo de BAL en carne de conejo almacenada en condiciones de aerobias y al vacío a 4°C.

Otro microorganismo de relevante importancia es *B. thermosphacta*, ya que ha sido encontrado con frecuencia en alimentos cárnicos empacados al vacío, se ha asociado con la alteración del olor de la carne y de los productos cárnicos, ejerce un papel importante en la alteración rápida de productos cárnicos envasados al vacío (Zurrera, 1984).

B. thermosphacta tiene como hábitat común la carne, también puede encontrarse en el suelo y en las heces de los animales, de ahí que pueda encontrarse en las aéreas de sacrificio de los animales, además tiene la habilidad de crecer a bajas temperaturas y baja actividad de agua, lo cual hace que su proliferación sea más fácil (Rodríguez-Calleja y col., 2005).

En los resultados obtenidos, encontramos que este microorganismo no tuvo ningún desarrollo en las muestras almacenadas en condiciones aerobias, y en las muestras almacenadas al vacío el crecimiento se mostró hasta el día 7 con un recuento de 3.46 ± 0.27 Log ufc/g, aumentando sólo hasta valores de 4.83 ± 0.095 Log ufc/g al día 18. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Rodríguez-Calleja y col, (2002), quienes analizaron carne de conejo almacenada a 3 °C.

Los bajos recuentos obtenidos de este microorganismo son debidos a que su crecimiento durante el periodo de almacenamiento está asociado, en parte al número de bacterias BAL, que ejercen efectos de inhibición del crecimiento sobre este microorganismo y por otra parte, aunque indirectamente, a la temperatura de almacenamiento y al nivel de pH, ya que su desarrollo es mayor cuando las muestras tienen un pH igual o mayor a 6.0 (Zurrera, 1984).

La temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes para ampliar la vida útil de cualquier alimento perecedero. Los excesos de temperaturas empleadas durante el almacenamiento de los alimentos, conduce a incrementar la intensidad de crecimiento de las bacterias patógenas y deterioradoras (Parry, 1995).

Las temperaturas bajas se emplean para retardar las reacciones químicas y la actividad de las enzimas de los alimentos, así como para retardar o detener la multiplicación y la actividad de los microorganismos existentes en los mismos. Cuanto más baja sea la temperatura, tanto más lentas serán las reacciones químicas, la actividad enzimática y la multiplicación de los microorganismos (Casp y Abril, 2003).

Si al efecto que tiene la temperatura en la inhibición del crecimiento de las bacterias, le agregamos el envasado al vacío el efecto es mayor, debido a que en el envasado al vacío se elimina el oxígeno presente en el empaque y se favorece una atmósfera rica en dióxido de carbono, que como se mencionó anteriormente, este se disocia en el agua que tiene la carne, formando ácido carbónico, lo cual altera el pH de la carne teniendo un efecto bacteriostático. Este efecto del dióxido de carbono se incrementa con las bajas temperaturas, ya que entre más baja sea la temperatura, mayor será la solubilidad del dióxido de carbono en el agua (Brody, 1996).

Para el análisis de presencia de *Salmonella*, obtuvimos en todos los días de análisis resultados negativos, que como se mencionó anteriormente, esto nos indica que el proceso de sacrificio, evisceración, empacado y almacenamiento de las canales fue hecha bajo buenas condiciones higiénicas.

Resultados del análisis sensorial para las muestras almacenadas a 4°C

Para el experimento a 4°C se optó por realizar una prueba descriptiva con un panel entrenado, debido a que la prueba triangular aporta menos información sobre el proceso de deterioro, los resultados se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la prueba descriptiva

| Parámetro | Conservación | Días | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1 | 4 | 7 | 11 | 14 |
| Aspecto visual | Aerobio | B5.0 ^a | B4.0 ^b | A3.0 ^c | A1.0 ^d | A1.0 ^d |
| | Vacío | A4.2 ^a | A3.0 ^b | B3.5 ^c | B3.2 ^{cd} | B2.6 ^d |
| Olor | Aerobio | A4.6 ^a | B4.0 ^{ab} | A2.5 ^c | A1.3 ^d | A1.0 ^{de} |
| | Vacío | A4.6 ^a | A3.0 ^b | B3.0 ^b | B2.0 ^c | B2.2 ^c |
| Olor carne cocinada | Aerobio | A4.2 ^a | A2.0 ^b | A1.5 ^{bc} | --- | --- |
| | Vacío | B4.8 ^a | B4.0 ^b | B4.0 ^b | B4.0 ^b | B3.6 ^{bc} |
| Sabor carne cocinada | Aerobio | A4.4 ^a | A4.0 ^{ab} | A2.5 ^b | --- | --- |
| | Vacío | B4.6 ^a | A4.0 ^b | B4.0 ^b | B3.8 ^{bc} | B3.4 ^c |

^{abc}, medias en la misma fila con diferente letra, son significativamente diferentes (P<0.05)

^{ABC}, medias, en la misma columna con diferente letra, son significativamente diferentes (P<0.05) para cada parámetro evaluado

Estadísticamente podemos decir que el tipo de envasado y el tiempo de almacenamiento tiene un efecto significativo ($P < 0.05$) en las características sensoriales de la carne de conejo. Observamos una tendencia descendente conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, en las cuatro características evaluadas (aspecto visual, olor al abrir el empaque y olor y sabor de la carne cocinada) y en los dos tipos de almacenamiento.

Sin embargo para las muestras almacenadas a vacío se obtuvieron bajas calificaciones para las características de aspecto visual y olor al abrir la bolsa, esto es porque el tipo de envasado provoca concentración de aroma que resulta muy penetrante en un inicio pero que después de unos minutos abierto el envase desaparece. Así entonces la carne al ser cocinada tiene características organolépticas adecuadas para el consumo.

Para las muestras almacenadas en condiciones aerobias hasta el día 7 tuvo calificaciones altas debido a que aún no presentaba deterioro, fue en el día 11 que la carne empezó a tener calificaciones bajas (1 o inaceptable) ya que empezaba a mostrar signos de putrefacción, provocados por el crecimiento de microorganismos como *Pseudomonas* y por lo tanto la evaluación del sabor no pudo ser realizada, así podemos decir que la carne almacenada en condiciones aerobias conserva sus características organolépticas adecuadas para el consumo entre los días 5 al 7. Lo cual no sucede con las muestras almacenadas a vacío que hasta el día 14 mostraba características organolépticas adecuadas para el consumo.

Sensorialmente el día 14 las muestras estaban aptas aunque los recuentos ya eran altos y es por ello que el día 18 no se hizo análisis sensorial.

6. CONCLUSIONES

- El envasado en condiciones aerobias de la carne de conejo favorece el deterioro de la misma como consecuencia del desarrollo de una flora mixta predominando *Pseudomonas*, que confieren olores desagradables de putrefacción a la carne percibidos a partir del día 7 tanto a 8 °C como a 4 °C.
- El envasado a vacío de carne de conejo a una temperatura de almacenamiento de 8 °C retarda ligeramente el deterioro de la carne, presentando ésta condiciones sensoriales adecuadas hasta el día 11. En este punto también se observa desarrollo de una flora mixta, aunque son las bacterias lácticas el grupo microbiano predominante modificando los aromas de deterioro y haciéndolos menos desagradables que en condiciones aerobias.
- El envasado a vacío combinado con las bajas temperaturas (4 °C), resultó ser el método más adecuado para alargar la vida de anaquel de carne de conejo fresca hasta por 14 días, asegurando que ésta se encontrara al cabo de este periodo en condiciones adecuadas para el consumidor. En este caso se observa un claro predominio de las BAL como grupo deteriorador generando compuestos ácidos que provocan modificaciones en el pH y en el aroma.

7. BIBLIOGRAFÍA:

1. Arredondo, C., 2006. Producción cunícula oportunidad de negocios. Revista Protocolo, 26: 10-17.
2. Blixt, Y., Broch, E., 2001. Comparison of shelf life of vaccum-packed pork and beef. Meat Science. 60: 371-378.
3. Brody, A.L., 1996. Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y a vacío. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España.
4. Casp, A., Abril, A., 2003. Procesos de conservación de alimentos. 2da. Edición. A. Madrid Ediciones, España.
5. Centro nacional de cunicultura. Irapuato, Guanajuato, México, 2005. Procesamiento de la carne y pieles canículas, pp. 20-37.
6. Coles, R., McDowell, D., Kirwan, J.M., 2003. Food packaging technology. Blacwell Publishing.
7. Cos y León, W., 2002. Producción cunícula, oportunidad de negocios. Revista Teorema Ambiental, pp. 10-26.
8. Dalle, A., 2001. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meail quality. Livestock Production Science, 75: 11-52.
9. Dorado Reyes, M., Castro, A.H., Garces, U.F., 2006. El conejo. Revista El conejo una opción familiar, pp. 2-5.
10. Echeberri, J.E., 2006. Origen y razas del conejo, Explotación y manejo del conejo domestico, pp. 13-32.
11. Fernández, E., 2000. Microbiología e inocuidad de los alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

12. Forrest, J. C., Aberle, E. D., Hedrick H.B., Judge, M. D., Merkel R. A. 1979. Fundamentos de ciencia de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza España.
13. Frazier, W.C., Westhoff, D.C., 1993. Microbiología de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
14. Gould, G.W., 1995. New methods of food preservation. Blackie Academic and Professional, pp. 304-318.
15. Hernández San Juan S., 2004. Análisis de la calidad higiénico-sanitaria del rastro municipal de Pachuca de Soto Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
16. Hesham, M. B., 2003. Use of irradiation to control foodborne pathogens and exted the refrigerated market life of rabbit meat. *Meat Science*. 67: 541-548.
17. Meilgaard, M.D., Gail, V.C., Thomas, C., 1999. Sensory evaluation techniques. Edition C12C Press LLC.
18. Nobis, P., 1991. Packing meat and meat products in proactive gas. *Fleischwirtsch*. 71: 427-428.
19. Norma mexicana NMX-FF-105-SCFI-2005, Productos pecuarios-carne de conejo en canal-calidad de la carne-clasificación.
20. Norma oficial mexicana NOM-009-ZOO-1995, Proceso sanitario de la carne.
21. Norma oficial mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
22. Norma oficial mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

23. Norma oficial Mexicana NOM-110-SSA-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
24. Norma oficial mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos totales en placa.
25. Norma oficial mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos.
26. Osechas, D., Becerra, L.M., 2006. Producción y mercadeo de carne de conejo en el estado Trujillo, Venezuela. *Revista Científica FCV- Luz*. 2:129-135.
27. Panagiotis, N. S., George- John, E. N., 2002. Preservation of fresh meat with active a modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*. 79: 35-45.
28. Parry, R.T., 1995. Envasado de los alimentos en atmosfera modificada. Editorial A. Madrid Vicente. Madrid España.
29. Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I N., Kontominas, M.G., 2005. Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes. *Food Microbiology*. 23: 423-429.
30. Perez Chabela, M. L., Rodriguez Serrano, G.M., Lara Calderon, P., Guerrero, I., 1998. Microbial spoilage of meats offered for retail sale in Mexico City. *Meat Science*. 51: 279-282.
31. Rodríguez-Calleja, J.M., García, M.L., Santos, J.A., Otero, A., 2005. Development of the aerobic spoilage flora of chilled rabbit meat. *Meat Science*. 70: 389-394.

32. Rodríguez-Calleja, J.M., Santos, J.A., Otero, A., García, M.L., 2004. Microbiological quality of rabbit meat. *Journal of Food Protection*. 67: 996-971.
33. Rubio, B. Martínez, B., González- Fernández, C., García-Cachan. M. D., Rovira J., Jaime, I., 2006. Influence of storage period and packaging method on sliced dry cured beef "Cecina de Leon". Effects on microbiological, physicochemical and sensory quality. *Meat Science* 30: 45-56.
34. Stiebing, A., 1993. Packaging, Requirements for meat products. *Fleischwirtsch.* 73: 163-166.
35. Urizal, J.I., 2006. Mercado internacional de la carne de conejo, Secretaría de agricultura, ganadería, pesca y alimentos, Argentina.
36. Wilmer, A.J., James, P.H., 1991. Packaging foods with plastics. *Tecnominc Publishing CO., INC.*, pp. 35-63.
37. Zeuthen, P., Bogh-Sorensen, L., 2003. Food preservation techniques. *Woodhead Publishing Limited*, England.
38. Zurrera, C. G., 1984. Evolución del crecimiento de *B. Thermosphacta* en salchichas envasadas al vacío. *Archivos de Zootecnia*. 33: 77-82.

Páginas de internet

39. FAO, 2006 <http://www.fao.org>. Consultada en Julio 2006
40. SAGARPA, 2006 <http://www.sagarpa.gob.mx> Consultada en Agosto 2006
41. Maggi, E., 2006. Carne de conejos, Análisis de cande alimentaria. <http://www.alimentosargentinos.gov.ar>. Consultada en Agosto 2006
42. Ferrer, J.M., 2006. Salud y nutrición. La carne de conejo es nutritiva, *Revista El siglo de Durango*. <http://www.elsiglodedurango.com.mx> Consultada en Agosto 2006