



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**BIOCONSERVACIÓN DE CARNE DE CONEJO MEDIANTE
MÉTODOS COMBINADOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A

ALEJANDRO REYNOSO ROJAS

ASESORES: DRA. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS

M. EN C. JONATHAN CORIA HERNÁNDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Bioconservación de carne de conejo mediante métodos combinados.

Que presenta el pasante: Alejandro Reynoso Rojas

Con número de cuenta: 307270469 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 05 de Noviembre de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Adriana Llorente Bousquets	
VOCAL	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
SECRETARIO	M.en C. Crisoforo Mercado Máquez	
1er. SUPLENTE	Dra. Marta Elvia Rosas Mendoza	
2do. SUPLENTE	I.A. Miriam Álvarez Velasco	

**El presente Trabajo de Tesis de Investigación fue desarrollado en el Laboratorio
7 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria UIM de la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán FESC-UNAM**

**Recibió apoyo del PROYECTO DGAPA-PAPIIT IT 202312-3
“ESTRATEGIAS DE BIOCONSERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CARNE Y SUS
PRODUCTOS”**

“Te advierto, quien quiera tu que fueres, ¡Oh, tú que deseas sondear los arcanos de la naturaleza, que si no hallas dentro de ti mismo aquello que buscas, tampoco podrás hallarlo fuera! Si tú ignoras las excelencias de tu propia casa, ¿Cómo pretendes encontrar otras excelencias? En ti se halla oculto el tesoro de tesoros. ¡Conócete a ti mismo y conocerás al universo y a los dioses!”

Inscripción en el frontispicio del Templo de Apolo (Oráculo de Delfos).

DEDICATORIA

A mi madre, que con su labor de padre y madre, desde pequeño me enseñó a ver los obstáculos como oportunidades y no como simples limitaciones, a reconocer que el “no puedo” no es más que la excusa del perezoso. Gracias por sus desvelos, su cariño incondicional y apoyo a cada paso y decisión tomada en mi vida, que gracias a ella he llegado hasta este punto de mi vida. Gracias por enseñarme a luchar por lo que quiero y no parar hasta conseguirlo.

A mi padre, que a pesar de su ausencia siempre estuvo presente en mi vida, apoyándome, y tratando de guiarme por el camino correcto, con sus sabios consejos, y apoyo incondicional. Gracias a los dos por darme la vida.

A todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de la carrera, por su apoyo y sus palabras, por los momentos compartidos, gracias. Pero en especial a Liliana, gracias por ser tan gran amiga, por ser una hermana, aunque no fuera de sangre, fuiste y serás de gran importancia en mi vida.

A mis asesores, a la Dra. Adriana Llorente, gracias por apoyarme a lo largo de este trabajo, gracias por su preocupación, su atención, su amabilidad y sus sabias palabras, y sobre todo por todo el conocimiento compartido, que sin usted no sería posible este trabajo, sin duda una de las personas que más admiro. Al M. Jonathan Coria, gracias por su apoyo, su atención y todo el conocimiento brindado para poder lograr este trabajo.

Y sobre todo gracias a la Universidad por permitirme ser parte de tan grande institución académica y formarme como estudiante y persona desde el bachillerato.

“Por mi raza hablará el espíritu”

ÍNDICE

Resumen	8
Introducción	9
1. Marco teórico	11
1.1. Carne de conejo	11
1.2. Conservación de la carne.....	13
1.2.1. Teoría de barreras	13
1.2.1.1. Adición de solutos	17
1.2.1.2. Envasado al vacío	20
1.2.1.3. Refrigeración	21
1.3. Bioconservación	22
1.3.1. Lactato de Sodio	24
1.4. Normatividad y calidad de la carne	25
1.5. Propiedades físicas y fisicoquímicas de la carne.....	27
1.5.1. Parámetros de perfil de color.....	27
1.5.2. pH	29
1.5.3. Actividad de agua (a_w).....	31
1.5.4. Capacidad de retención de agua (CRA)	33
Justificación.....	34
Objetivos	35
Hipótesis.....	35
2. Materiales y métodos.....	38
2.1. Obtención de la materia prima	38
2.1.1. Tratamiento con los agentes químicos	41
2.1.2. Condiciones de envasado	42
2.2. Evaluación de los parámetros de perfil de color.....	42
2.3. Determinación de pH.....	43
2.4. Determinación de a_w	44
2.5. Evaluación de la capacidad de retención de agua (%).....	44
3. Análisis y discusión de resultados	47
3.1 pH.....	47
3.2 a_w	51

3.3	Determinación de capacidad de retención de agua (CRA).....	54
3.4	Parámetros de perfil de color.....	58
3.4.1	Cambio en el color (ΔE).....	58
	Conclusiones	61
	Referencias Bibliográficas	62

Índice de figuras

Figura 1	Cinco ejemplos de la teoría de barreras utilizadas en la conservación de alimentos	15
Figura 2	Espacio del color. CIE	28
Figura 3	Representación del color sólido, hecha por CIE (L, a* y b*)	29
Figura 4	Representación gráfica del tono y saturación del color	29
Figura 5	Conejo hembra de raza California	38
Figura 6	Insensibilización del conejo	38
Figura 7	Desangrado del conejo	39
Figura 8	Eliminación de las extremidades y faenado	39
Figura 10	Eviscerado.....	40
Figura 11	Miembros posteriores.....	40
Figura 12	Adición del agente químico	41
Figura 13	Envasado de las muestras de carne de conejo.....	42
Figura 14	Colorímetro Konica Minolta.....	43
Figura 15	Potenciómetro Orion 5 Star, Soluciones Buffer.....	43
Figura 16	Higrómetro de punto de rocío	44
Figura 17	Centrífuga Centurion Scientific K2015	45
Figura 18	Efecto combinado de la adición de lactato-refrigeración-vacío en el pH de la carne de conejo (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6).....	49
Figura 19	Efecto combinado de la adición de lactato-refrigeración-vacío en el pH de la carne de conejo durante 6 días de almacenamiento (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6).....	50

Figura 20 Valores de a_w obtenidos en carne de conejo con o sin lactato-ensvasada al vacío-refrigerada (4°C) durante 6 días de almacenamiento (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6).....	53
Figura 21 a_w obtenida para los tratamientos en los diferentes días de experimentación (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)	54
Figura 22 Capacidad de retención de agua obtenida para los diferentes tratamientos (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)	56
Figura 23 Comparación de los datos obtenidos para CRA para los tratamientos durante su almacenamiento refrigerado (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)	57
Figura 24 Valores de ΔE obtenidos para las muestras durante su almacenamiento refrigerado (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)	59
Figura 25 Comparación entre los tratamientos durante el almacenamiento refrigerado en el cambio de color (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6).....	60

Índice de cuadros

Cuadro 1 Producción mundial de conejo.....	11
Cuadro 2 Composición química de la carne de conejo	13
Cuadro 3 Algunos aditivos reconocidos como seguros.....	23
Cuadro 4 Tratamientos de las muestras.....	41
Cuadro 5 Valores de pH correspondientes a cada una de las repeticiones con los diferentes tratamientos al inicio, 2° y 6° día.....	47
Cuadro 6 Valores de a_w correspondientes a cada una de las repeticiones con los diferentes tratamientos al inicio, 2° y 6° día.....	52
Cuadro 7 Valores de CRA correspondientes a cada una de las repeticiones con los diferentes tratamientos al inicio, 2° y 6° días	55

Resumen

La carne es un alimento altamente perecedero que requiere ser conservada para evitar su deterioro, esto se puede lograr mediante la aplicación de diferentes barreras, solas o combinadas. La más empleada es la aplicación de bajas temperaturas y recientemente en combinación con bioconservación, la cual se justifica mediante el uso de microorganismos ácido lácticos o sus metabolitos, como una alternativa al uso de aditivos químicos. El grupo de bacterias ácido lácticas son capaces de producir una gran cantidad de sustancias con actividad antibacteriana como es el caso del ácido láctico y su sal el lactato de sodio, los cuales prolongan la vida de anaquel e incrementan la seguridad del alimento. La mayoría de las estrategias de bioconservación tienen un efecto bactericida y pueden tener un mayor efecto si se combina con otros tratamientos, como lo es el envasado al vacío, para inhibir microorganismos aerobios y la refrigeración, que permite disminuir las reacciones biológicas y el crecimiento de la microbiota de la carne para lograr una mayor calidad y estabilidad al alimento.

En este trabajo se busca evaluar el efecto que tiene la adición de ácido láctico o lactato de sodio, sobre las propiedades físicas y fisicoquímicas de un lote de carne de conejo envasada al vacío y refrigerada, respecto de un lote control sin bioconservadores, asimismo el análisis de sus propiedades antes y después del tratamiento.

Se utilizaron los miembros posteriores (*Quadriceps femoris*), de 10 conejos (*Oryctolagus cuniculus*) México Extra, de 70 días de edad, obtenidos del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA) de la FES Cuautitlán. Los miembros (derecho e izquierdo) de 5 conejos fueron asperjados con 2 mL de una solución de lactato de sodio al 2%. Se mantuvo un lote control de miembros de 5 conejos, sin adición de lactato, todos los miembros fueron envasados al vacío y almacenados en refrigeración a 4°C. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (pH, a_w y capacidad de retención de agua (CRA) y los parámetros de perfil de color, al inicio, 30 min, al 2° y 6° días de almacenamiento en refrigeración (4°C). Los resultados evidencian a lo largo del almacenamiento, una mejora en los parámetros fisicoquímicos de las muestras tratadas con lactato de sodio (2%), obteniendo valores de pH iniciales de 6.41 y finales de 5.62, mientras, las muestras control dichos valores fueron de 6.50 y 5.55 respectivamente, mientras que los valores de a_w fueron de 0.91 para las muestras con lactato y 0.93 para las muestras control. En cuanto a la CRA los valores obtenidos fueron de 31.05% y 32.53% respectivamente. El análisis estadístico de los resultados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y un análisis factorial, determina que existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los lotes tratados, respecto del control. Los parámetros de perfil de color, no tuvieron diferencia ($P > 0.05$) entre ellos, mostrando así que el uso de lactato de sodio mejora favorablemente las características de la carne de conejo.

Introducción

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es un animal doméstico que pertenece a la familia de los lepóridos; clínicamente sano es sometido a un proceso productivo destinado al sacrificio como conejo de abasto (NMX-FF-105-SCFI-2005). En México el consumo de la carne de conejo es bajo debido a su baja producción y comercialización, a diferencia de otros de consumo diario (cerdo y res). La carne es altamente perecedera, ya que puede descomponerse muy fácilmente por la presencia de microbiota de origen, además se puede contaminar con microorganismos patógenos, lo cual representa un riesgo para su consumo. Existen diferentes formas de conservar la carne, una de ellas es la bioconservación, la cual consiste en el uso de microorganismos ácido lácticos o sus metabolitos (Castellano *et al.*, 2008), como una alternativa al uso de aditivos químicos. El grupo de bacterias ácido lácticas es muy diversa y amplia, son capaces de producir una gran cantidad de sustancias con actividad antibacteriana como es el caso del ácido láctico y su sal el lactato de sodio, los cuales prolongan la vida de anaquel e incrementan la seguridad del alimento (Aymerich *et al.*, 2008).

Si bien la mayoría de los bioconservadores tienen un efecto bactericida, pueden tener un mayor efecto si se combina con otros tratamientos, como lo es el empaque al vacío, el cual inhibe microorganismos aerobios debido a la ausencia de O₂, y la refrigeración, que permite disminuir las reacciones biológicas y el crecimiento microbiano en la carne; siguiendo la teoría de barreras se proporcionara mayor calidad y estabilidad al alimento (Zhou, Xu *et al.*, 2010).

En este trabajo se busca evaluar el efecto que tiene la adición de ácido láctico o lactato de sodio sobre las propiedades físicas y fisicoquímicas de un lote de carne de conejo empacada al vacío y posteriormente refrigerada, con respecto a una sin el tratamiento de los bioconservadores, así como el análisis de sus propiedades antes y después del tratamiento.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1. Marco teórico

1.1. Carne de conejo

El conejo es una especie que se caracteriza por su alta prolificidad, además de ser un herbívoro capaz de aprovechar los forrajes. Cualquier producción de carne tiene como razón de ser la transformación de proteínas vegetales, que el hombre consume poco o nada, en proteínas animales de gran valor biológico. En el caso de una producción que utilice el conjunto de los conocimientos adquiridos para la cría de las diferentes especies, se comprueba que el conejo puede transformar el 20% de las proteínas alimenticias que absorbe en carne comestible. Los valores calculados para las demás especies son de 22-23% para el pollo, 16-18% para el cerdo y 8-12% para la producción de carne de bovino, en función del sistema de producción (Valentino, 2008).

La producción anual de conejos en la actualidad es de un millón de toneladas, según estimaciones de la Coordinadora de organizaciones de agricultores y ganaderos (COAG) en el 2006, mostrándose los países de mayor producción en el cuadro 1.

Cuadro 1 Producción mundial de conejo

País	Toneladas de conejo producidas
China	440000
Italia	230000
España	120000
Francia	90000
Egipto	65000

Fuente: COAG, 2006

En México, la cunicultura ha sido una actividad ganadera a la que se le ha dado poca importancia, dejándola con una orientación para el sector rural en el traspatio y la subsistencia alimentaria, en el año de 1973 se crearon varios centros de comercialización por medio del gobierno federal, con la finalidad de fomentar la cría, producción y comercialización de productos y subproductos de conejo. Actualmente la producción cunícola se desarrolla en tres sistemas (Segundo, 2013):

- Sistema familiar o de traspatio (80% de la población animal)

- Sistema semi industrial (15% de la población animal)
- Sistema industrial (5% de la población animal)

SAGARPA (2012) reporta un total de 673,145 cabezas a nivel nacional y menciona que la mayoría de las unidades de producción son rurales. Respecto al consumo de carne de conejo en México comparado con otros países podemos decir que es bajo, pues el promedio de consumo no es mayor a los 200 gramos/habitante/año.

Actualmente se estima que se encuentran más de 10, 933 hembras con un potencial para producir 12 toneladas de carne de conejo en canal cada semana, con un valor comercial al menudeo de \$699,000.00. En promedio se tiene 21 hembras de vientre por Unidad de Producción, con un potencial de producción de 18 a 20 kg de carne de conejo en canal a la semana. Como referencia comparativa a nivel internacional, en algunos países de África donde la FAO ha impulsado la producción y el consumo de carne de conejo, existen 4 hembras en promedio por granja, en Francia existen 570 hembras, en España se tienen en promedio 661 hembras, en Italia existen en promedio 714 hembras de vientre por granja, la producción de carne de conejo en Italia ocupa el cuarto sector cárnico del país, después de los sectores bovino, porcino y avícola (Segundo, 2013).

Existen a favor del conejo dos características principales: su precocidad, determinada por el desarrollo del animal en su crecimiento rápido, y la calidad de la carne para la alimentación humana (Valentino, 2008).

En México la producción cunícola está encaminada a la producción de carne y piel, para lo cual se utilizan conejos de las razas California, Nueva Zelandia y Chinchilla, que cuando llega la madurez alcanzan en promedio un peso de 3 a 5 kg.

Se sabe que el conejo es un animal muy prolífico: una hembra puede producir más de 80 kilos de conejo vivo cada año. La carne de conejo es muy nutritiva por su contenido de vitaminas del complejo B y minerales como Calcio (Ca) y Hierro (Fe) (ver cuadro 2), ya que su contenido de materia grasa y colesterol es escaso, es rica en proteínas, vitaminas y sales minerales (Estrada *et al.*, 2000).

Cuadro 2 Composición química de la carne de conejo

Componente	%
Agua	70.9
Proteínas	22.1
Grasa	5.3
Cenizas	1.7

Fuente: Estrada *et.al.*, 2000

1.2. Conservación de la carne

1.2.1. Teoría de barreras

Numerosos métodos de conservación (refrigeración, congelación, secado, curado, salado, acidificación, fermentación, ahumado, remoción de oxígeno, adición de dióxido de carbono e irradiación) son usados para hacer a la carne más estable y segura, sin embargo, estos métodos de conservación están basados solamente un algunos cuantos parámetros, tales como; altas y bajas temperaturas, pH, a_w (actividad de agua), Eh (potencial redox), conservadores, microbiota competitiva e irradiación (Leistner, 2000).

La denominada Teoría de barreras fue introducida por Leistner y Rödel (1976) y Leistner (1978), como un nuevo concepto para la producción de alimentos más seguros, estables, nutritivos y económicos. Por lo tanto deben ser consideradas las Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), son aquellas enfermedades que se originan por la ingestión de alimentos infectados con contaminantes en cantidades suficientes para afectar la salud del consumidor. Existen numerosos tipos de ETA que presentan diferentes sintomatologías, dependientes del tipo de contaminación y de la cantidad de alimento contaminado consumido. El deterioro y envenenamiento de los alimentos debido a las enfermedades transmitidas por alimentos establecen cifras de alrededor de 2 millones de muertes por año, situación que obliga al procesador de alimentos a buscar nuevas alternativas que favorezcan un mayor control de los microorganismos, principalmente de los patógenos identificados como emergentes, debido a que han sido aislados de alimentos bajo condiciones extremas de acidez, temperatura o humedad, que han llevado a buscar alternativas

más eficientes para garantizar una estabilidad microbiológica de la mayoría de los alimentos, siendo necesaria una combinación de parámetros (barreras) (FAO, 2009).

La teoría de barreras, también conocida como métodos combinados, procesos combinados, preservación combinada, técnicas de combinación o la tecnología de barrera, aboga al uso inteligente de la combinación de diferentes técnicas o factores de conservación (barreras) con el fin de lograr suaves pero fiables efectos de conservación con múltiples objetivos, mejorando la estabilidad microbiana y la calidad sensorial de los alimentos así como sus propiedades nutritivas y económicas (Leistner y Gorris, 1995). Los obstáculos más importantes que se utilizan en la conservación de alimentos son temperatura (alta o baja), reducción de actividad de agua (a_w), aumento de acidez y reducción del pH, disminución del potencial redox (Eh), adición de conservadores (por ejemplo, nitrito, sorbato, sulfito), y microorganismos competitivos, por ejemplo, las bacterias ácido lácticas y sus sales (Zhou, *et al*, 2010).

Debido a esto se requiere una mayor cantidad de esfuerzo por parte de los microorganismos para superar cada obstáculo. Entre más "alto" el obstáculo, mayor es el esfuerzo (es decir, mayor es el número de organismos necesarios para superarlo). Algunos obstáculos, como la bioconservación, pueden ser altos para un gran número de microorganismos, como se puede observar en la figura 1, donde se ejemplifica la acción de dichas barreras.

La tecnología de obstáculos es un concepto crucial para la conservación de los alimentos, ya que los obstáculos en un producto estable, concertadamente controlan el deterioro microbiano y la intoxicación alimentaria, dejando los procesos deseados de fermentación en el alimento no se vean afectados, debido a su efecto a veces sinérgico. Los obstáculos individuales se pueden fijar a menor intensidad de lo que sería necesario si un sólo obstáculo fuera utilizado como única técnica de conservación.

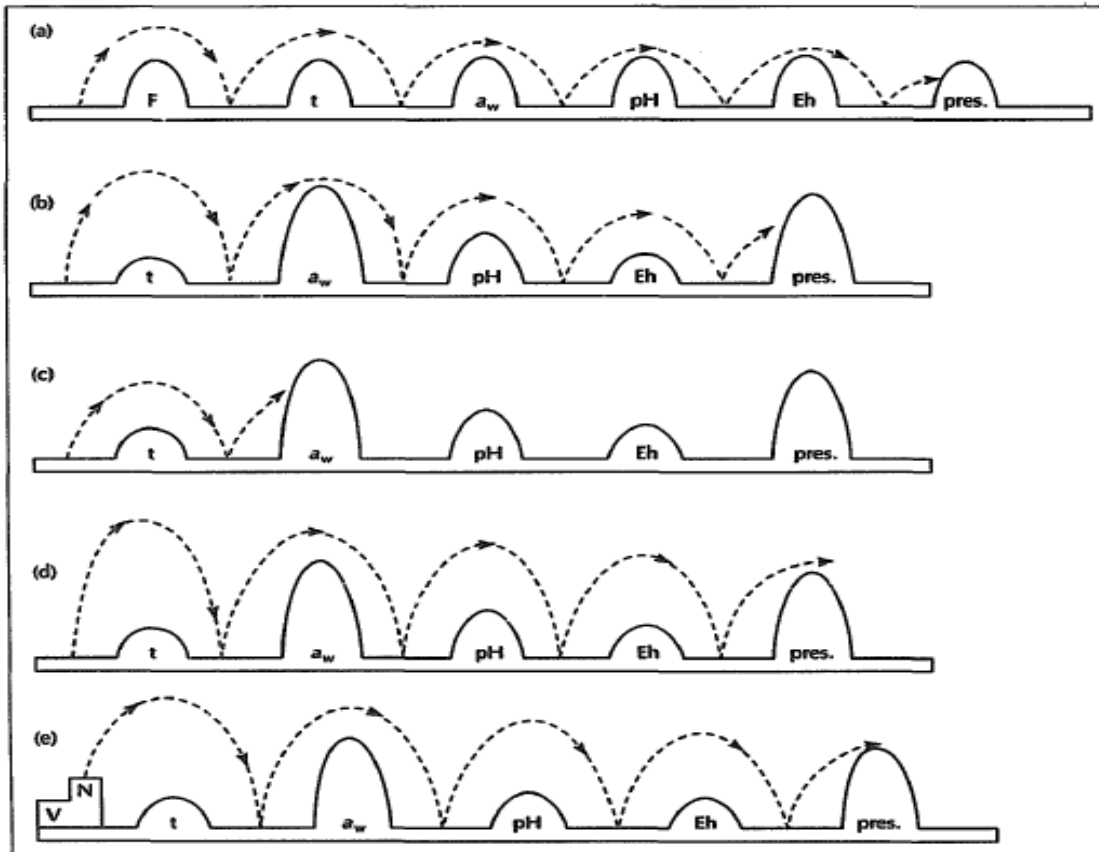


Figura 1 Cinco ejemplos de la teoría de barreras utilizadas en la conservación de alimentos

Se pueden encontrar obstáculos individuales simultáneamente o secuencialmente, dependiendo del tipo de obstáculo y el procesamiento general. Los símbolos tienen el siguiente significado: F; calentamiento, t; enfriamiento, a_w ; baja actividad de agua; pH, acidificación; Eh; bajo potencial redox; pres; conservadores, V; vitaminas, N; nutriente

Fuente: Leistner, 1978

Un fenómeno importante con respecto a la teoría de barreras es la llamada homeostasis de los microorganismos. La homeostasis es la constante tendencia de los microorganismos de mantener una estabilidad y balance (uniformidad) de su ambiente interno. Por ejemplo, los valores de pH en diferentes alimentos son variables, sin embargo, los microorganismos que viven en ellos emplean un gran esfuerzo por mantener su pH interno dentro de límites muy estrechos.

Otro mecanismo homeostático importante es la regulación de la presión osmótica interna (osmohomeostasis). La fuerza osmótica (la cual está inversamente relacionada con el a_w) de un alimento es una propiedad física muy importante debido a que posee un gran efecto en la habilidad de los organismos para proliferar. Las células deben conservar una turgencia positiva

(presión), manteniendo la osmolaridad del citoplasma más alta que la del ambiente, esto se logra normalmente usando los llamados compuestos osmoprotectores, tales como la prolina y la betaína.

Los métodos de conservación (barreras) pueden modificar varios o solo uno de los mecanismos homeostáticos de los microorganismos, y como resultado los microorganismos no se multiplican y en su lugar permanecerán inactivos o morirán. En efecto, la conservación de los alimentos se logra modificando la homeostasis de los microorganismos de los alimentos, temporal o permanentemente. Esto significa que cualquiera de las barreras incluidas en el alimento deberá afectar a los microorganismos no deseados en el alimento de diferentes maneras, como por ejemplo, afectando la membrana celular, su DNA, enzimas, pH, Eh y a_w de los sistemas homeostáticos. Siendo este acercamiento múltiple la esencia de la teoría de barreras (Leistner y Gorris, 1995).

Además, es posible que diferentes barreras en el alimento no solamente tengan un efecto en la estabilidad, si no que pueden actuar sinérgicamente, siendo más efectivas el uso combinado de diferentes métodos de conservación con bajas intensidades, que afectan de manera diferente a los sistemas microbianos, que usando un solo método de conservación con una alta intensidad.

Por otra parte, en el concepto de Teoría de barreras, el objetivo es inhibir el crecimiento y proliferación de organismos no deseados en lugar de matarlo, permitiendo así el uso de barreras que no son tan extremas.

Otro fenómeno relevante es la auto esterilización de alimentos estables, conservados mediante barreras. En ambientes con temperatura estable, algunos productos cárnicos contienen esporas de *Clostridium* y *Bacillus*, los cuales han sobrevivido al tratamiento térmico aplicado durante el procesamiento; algunas de estas esporas son capaces de germinar para formar células vegetativas, las cuales fuerzan cualquier mecanismo posible para superar las diferentes barreras presentes. Al hacerlo, quedan metabólicamente exhaustas; usan por completo la energía disponible y mueren (Leistner, 2000). Por lo tanto, debido a tal auto esterilización, los alimentos conservados por

barreras, que son microbiológicamente estables, se vuelven aún más seguros durante el almacenamiento, especialmente a temperatura ambiente.

Hasta ahora más de 50 diferentes barreras han sido identificadas para la conservación de los alimentos, siendo los más comunes:

- Barreras físicas: altas temperaturas (esterilización, pasteurización y blanqueamiento), bajas temperaturas (refrigeración y congelación), radiación ultravioleta, ionización, energía electromagnética, ultrasonicación, inactivación fotodinámica, altas presiones, películas plásticas, atmosferas modificadas.
- Barreras fisicoquímicas: baja a_w , bajo pH, bajo Eh, adición de solutos, ácidos orgánicos, ácido láctico y sus sales, lactato.
- Barreras microbianas: microbiota competitiva, cultivos protectores, bacteriocinas y antibióticos.

1.2.1.1. Adición de solutos

Los métodos de conservación química están basados en la adición de sustancias que actúan modificando químicamente el producto, por ejemplo disminuyendo el pH o la actividad de agua (a_w).

- El curado es un método de gran tradición en nuestro país, que utiliza además de la sal común, sales curantes, nitratos y nitritos potásico y sódico; dichas sustancias deben estar muy controladas por la legislación sanitaria para evitar sus efectos adversos, ya que a partir de ellas se forman nitrosaminas que son cancerígenas y pueden constituir un problema para la salud. Sin embargo, el uso de estas sustancias es necesario porque impide el crecimiento del *Clostridium botulinum*, un peligroso microorganismo, además de que sirve para estabilizar el color rojo, sonrosado de las carnes.

Sal común (NaCl)

La adición de sal tiene como principal efecto la reducción de a_w , pero tiene por sí misma efecto bacteriostático. Actualmente se prefieren alimentos con bajo contenido de sal, por lo que debe ser combinada con otras barreras. El curado es el proceso de la adición de NaCl y otros ingredientes

como nitrito. Un producto estable debe contener al menos 27g sal/100 g agua ($a_w < 0.7$) para inhibir el crecimiento y formación de la toxina de *Clostridium botulinum* tipo E; en pescados a 15°C, debe haber al menos 4,5 g sal / 100 g agua. El curado se suele combinar con barreras de envasado, refrigeración, ahumado, etc.

Nitrito de sodio ($NaNO_2$)

En el curado de carne casi siempre se usa sal combinada con nitrito (o nitrato). Al nivel usado comercialmente (y permitido por la legislación) inhibe el crecimiento de unos cuantos microorganismos, dependiendo de la concentración y tipo de organismo. Un aspecto muy importante es que el nitrito es más bien efectivo contra bacterias esporuladas, especialmente clostridia. El efecto del nitrito es mayor en procesos donde se lo calienta junto con la carne donde aparentemente se forma un compuesto específico antibotulínico.

Nitrato de sodio ($NaNO_3$ o KNO_3)

Su efecto es muy limitado y se debe a una pequeña reducción de la a_w , pero en muchos productos, especialmente carnes, fue usado como "reserva" de nitrito, dado que las bacterias reducen el nitrato a nitrito. Tiene un efecto muy limitado y siempre se usa en combinación con otras barreras, especialmente sal.

Bióxido de carbono (CO_2)

Está presente en la atmósfera a una concentración de aproximadamente 0,03%. Una concentración mayor reduce la velocidad de muchos procesos de degradación de calidad en alimentos, y a una concentración mayor del 20%, el crecimiento de la mayoría de las bacterias alteradoras es reducido o inhibido. Por esto en envasado en atmósfera modificada de la mayoría de los alimentos que no respiran, se usa una concentración de CO_2 mínima del 20 %. En alimentos que respiran, un aumento de la concentración de CO_2 reduce la respiración y así aumenta la vida útil. Una concentración muy alta, resulta en desordenes en la calidad de la mayoría de frutas y vegetales pero el limite critico (8 – 12 %) es distinto para distintos productos. La solubilidad del CO_2 aumenta drásticamente con temperaturas más bajas, hasta el punto de congelación del alimento. Se combina con envasado y refrigeración.

Oxígeno (O₂)

Presente en la atmósfera a una concentración de aproximadamente 21%. La mayoría de los organismos (incluyendo humanos) prefieren dicha concentración, y en la práctica una disminución en la concentración de O₂ puede ser considerada como una barrera. A bajas concentraciones de O₂ el crecimiento de la mayoría de los microorganismos (pero no de todos) es reducido o inhibido, el nivel de respiración de los alimentos que respiran disminuye y se reduce la velocidad de muchos procesos de la degradación de la calidad (oxidación). Así, la ausencia de O₂ debería mejorar la calidad y seguridad. De todos modos, este no es el caso para los productos que respiran y para las carnes refrigeradas expuestas a la venta al por menor, el O₂ es necesario para mantener un color rojo brillante. En alimentos donde puede crecer *Clostridium botulinum* algunas autoridades consideran las condiciones anaeróbicas como un riesgo para la salud. Se combina con otras barreras, especialmente refrigeración y a menudo también envasado.

Ozono(O₃)

Es un gas soluble en agua con poderosas propiedades oxidantes. Cuando se lo expone al agua, se descompone rápidamente a O₂, y esto limita su uso. También lo afecta la temperatura, el pH y la materia orgánica presente. El efecto letal en microorganismos se debe a la fuerte actividad oxidante, probablemente apuntando a Aminoácidos, RNA y DNA. El tratamiento con ozono destruye particularmente bacterias Gram (-). Mohos y levaduras son más resistentes que las bacterias y para la destrucción de esporas se requiere una muy alta concentración de ozono. El ozono nunca debe usarse para alimentos susceptibles a la rancidez y otras reacciones de deterioro de calidad causadas por la oxidación. En muchos países hay límites legales para la máxima concentración de ozono en áreas de trabajo, nunca se usa como única barrera (García, 2009).

Ahumado

El ahumado es un procedimiento que utiliza el humo obtenido de la combustión de materias con bajo contenido en resinas o aromas de humo. El humo actúa como esterilizante y antioxidante y confiere un aroma y sabor peculiar al alimento tratado por este método, muy del gusto del consumidor. Este procedimiento suele aplicarse tanto en carnes como en pescados. No debe abusarse del consumo de alimentos tratados por este método porque genera sustancias carcinógenas.

Ácidos orgánicos y sus sales

Los ácidos orgánicos o sus sales se usan para ayudar a la preservación de una amplia variedad de alimentos. La acidificación es un método basado en la reducción del pH del alimento que impide el desarrollo de los microorganismos.

En la mayoría de los países el tipo y cantidad de ácido orgánico es controlado por las agencias gubernamentales y las cantidades permitidas suelen ser pequeñas en comparación con las cantidades presentes naturalmente en frutas y productos fermentados. Los ácidos de cadena corta como el acético, benzoico, cítrico, láctico, propiónico y sórbico y sus sales son los más comúnmente usados. La principal responsable de la actividad antimicrobiana es la molécula no disociada. Generalmente los ácidos orgánicos son más efectivos en alimentos con pH menor a 5,5, aunque los alquil ésteres del ácido parahidroxibenzoico tienen efecto en alimentos con pH cercano a 7 y los ácidos propiónico y sórbico tienen efecto en alimentos con pH 6 a 6,5. Los ácidos orgánicos difieren en sus efectos contra mohos, levaduras y bacterias. Muchas combinaciones de ácidos orgánicos y otras barreras son sinérgicos (García, 2009).

1.2.1.2. Envasado al vacío

La búsqueda de envases que permitan ofertar productos higiénicamente frescos ha llevado a la diversificación de los métodos de envasado, los materiales y los tipos de tratamientos de conservación. A esto se le une el interés de los consumidores por la seguridad alimentaria, lo que ha hecho que en el momento actual, este tema sea centro de atención de todos los agentes que intervienen en la industria alimentaria.

Los empaques protegen a los productos contra los efectos deteriorantes, que pueden incluir decoloración, mal sabor y desarrollo de mal olor, pérdida de nutrientes, cambios en la textura, la patogenicidad y otros factores medibles. Las variables que influyen en las propiedades de la vida útil de la carne fresca envasada son el tipo de producto, la mezcla de gases, empaque, equipos de envasado, la temperatura de almacenamiento y los aditivos. El envasado de carne fresca es sólo mínimamente permeable a la humedad y así se evita la desecación de la superficie, mientras que la permeabilidad de gas varía con el tipo de película utilizado, las opciones de embalaje para carnes crudas refrigeradas son empaques permeables al aire, vacío con bajo O₂, y atmósferas modificadas (Zhou, *et al*, 2010).

Los materiales de empaque al vacío usados para los cortes primarios son generalmente de tres capas, las cuales son co-extrusiones de cloruro de acetato/acetato de vinilo/ polivinilideno /acetato de vinilo, que generalmente tienen una permeabilidad al O₂ a 1 atmósfera como resultado de la capa de cloruro de polivinilideno. La falta de O₂ en los empaques puede minimizar las reacciones de deterioro oxidativo y reducir el crecimiento de bacterias aeróbicas, que generalmente causa pigmentos debido a que se encuentran en un estado de desoximioglobina. Los empaques al vacío con un bajo contenido de O₂, para cortes de carne de comercios minoristas son generalmente sistemas de empaque al vacío (VPS por sus siglas en inglés), los cuales se utilizan para colocar los cortes de carne, ya que este tipo de empaques son termoflexibles adoptando a la forma del producto (Belcher, 2006). Los equipos de envasado VSP eliminan el aire atmosférico o vacían el aire desde el empaque empleando mezclas gaseosas tales como N₂, CO₂ o mezclas de N₂ y CO₂ antes sellar térmicamente las capas de película.

Una ventaja y desventaja de este tipo de empaques, es que da una apariencia única al producto. Los productos conservados de esta manera tienen una vida de anaquel de 15-22 días, dependiendo del tipo de corte. Desde que el producto es puesto en un estado de metmioglobina, no hay pérdida de color y la oxidación se reduce al mínimo con este tipo de empaque.

1.2.1.3. Refrigeración

La refrigeración es un proceso que consiste en bajar o mantener el nivel de calor de un cuerpo o un espacio. Considerando que realmente el frío no existe y que debe hablarse de mayor o menor cantidad de calor o, mejor dicho, de mayor o menor nivel térmico (nivel que se mide con la temperatura), refrigerar es un proceso termodinámico en el que se extrae calor del producto (reduciendo su nivel térmico), y se lleva a otro lugar capaz de admitir esa energía térmica sin problemas.

Las temperaturas por debajo o por encima de este intervalo, óptimo para el crecimiento microbiano, tendrán una acción preventiva en este. Para la carne fresca, la refrigeración, incluido el aumento por encima o por debajo del punto de congelación, es un método tradicional de

conservación. Los efectos de la refrigeración en productos perecederos como la carne es crítica para la higiene, seguridad, conservación, apariencia y calidad de la misma (Zhou, *et al.*, 2010).

En la refrigeración se hace circular aire a través de la cámara, lo cual reduce la temperatura superficial y aumenta el secado de la canal, ambos reducen el crecimiento bacteriano. Un incremento en la velocidad del aire y/o disminución en la temperatura disminuye el tiempo de enfriamiento. Un factor limitante es la dificultad de remover el calor rápidamente de los tejidos más profundos de la canal.

1.3. Bioconservación

La conservación de los alimentos usando su microbiota natural y sus metabolitos, se conoce como bioconservación o bioprotección, para diferenciarla de la conservación artificial (química). Se agregan cultivos antagonistas a los alimentos para inhibir patógenos y/o prolongar la vida de anaquel tratando de modificar sus propiedades sensoriales lo menos posible.

El principal objetivo de la bioconservación es extender la vida de anaquel al mismo tiempo que garantizar la seguridad del alimento usando su microbiota natural, generalmente Bacterias Ácido Lácticas (BAL) y sus metabolitos, como lo es el ácido láctico y sus sales (Castellano *et al.*, 2008), bacteriocinas y otros. Las bacterias ácido lácticas tienen un mayor potencial para su uso en la bioconservación, ya que son “generalmente reconocidas como seguras” (GRAS por sus siglas en inglés) al ser bacterias de grado alimenticio (Lüke, 2000), por lo cual son seguras para su consumo y durante el almacenamiento dominan de manera natural la microbiota de muchos alimentos (Cuadro 3).

Cuadro 3 Algunos aditivos reconocidos como seguros

CONSERVADORES	TOLERANCIA MAXIMA	ORGANISMOS AFECTADOS	ALIMENTOS
Propionatos/ácido propiónico	0.32%	Mohos	Pan, pasteles y algunos quesos.
Ácido sórbico/ sorbatos	0.2%	Mohos	Quesos duros, higos, jarabes, aderezos, jaleas, pasteles.
Ácido benzoico/ Benzoatos	0.1%	Mohos y levaduras	Margarina, pepinillos, sidra de manzana, bebidas suaves, Salsa de tomate, aderezos.
Parabenos	0.1%	Mohos y levaduras	Productos de panadería, bebidas suaves, pepinillos, aderezos.
SO₂/Sulfitos	200-300 ppm	Insectos y microorganismos	Melazas, frutos secos, elaboración de vino, jugo de limón
Óxido de etileno y propileno	700 ppm	Mohos, levaduras y parásitos	Fumigantes para especias y nueces
Diacetato de sodio	0.32%	Mohos	Pan
Nisina	1%	Lácticos, clostridia	Algunos quesos untables pasteurizados
Ácido dehidroacético	65 ppm	Insectos	Pesticida en fresas, calabazas
Nitrato de sodio	120 ppm	Clostridia	Productos cárnicos curados
Ácido caprílico	-	Mohos	Quesos envueltos
Lactato de sodio	+ 4.8%	Bacterias	Carne, carne precocida
Formiato de etilo	15-220 ppm	Mohos y levaduras	Frutos secos, nueces

Fuente: Lüke, 2000

Estas sustancias ejercen un antagonismo a través de la competencia por los nutrientes y la producción de sustancias bactericidas, las cuales son sustancias químicas naturales o sintéticas, destinado a la conservación integral de los alimentos con todas sus características de cantidad, calidad y pureza. Su actividad biocida persigue destruir, contrarrestar, neutralizar e impedir la

acción microbiana o ejercer el control de cualquier especie de organismo nocivo para el fin deseado, por medios físicos, químicos o biológicos, como los ácidos orgánicos (láctico y acético), dióxido de carbono, peróxido de hidrogeno y bacteriocinas. Pueden ser una alternativa a los aditivos químicos y actuar como una barrera extra para la conservación de la carne durante el almacenamiento (Zhou, *et al.*, 2010).

Pueden ser agregadas a la carne por medio de aspersión en la superficie o adicionadas a través de empaques activos, dependiendo del producto al que será aplicado. Cuando son agregados como cultivos iniciadores o cultivos bioprotectores, su éxito depende de la habilidad del cultivo de crecer y producir los factores antimicrobianos en el alimento bajo el ambiente fisicoquímico y tecnológico (temperatura, pH, ingredientes, aditivos, a_w , etc.) en el que se encuentran. Además, en la carne fresca deben de ser capaces de competir con la microbiota endógena (Aymerich *et al.*, 2008).

El ácido láctico y sus sales (lactato de sodio) han sido extensamente empleados en la industria cárnica para incrementar el sabor y prolongar la vida de anaquel del producto. Son efectivos contra *C. botulinum*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella* y *E. coli*.

La bioconservación es de vital importancia debido a que los productores enfrentan un reto mayor con los consumidores, los cuales demandan alimentos seguros, poco perecederos, y además que sean preferiblemente poco procesados, menos daños por calor o frio y sin conservadores químicos.

1.3.1. Lactato de Sodio

Los ácidos orgánicos y sus sales se emplean para lavar y desinfectar los cadáveres de los animales después del sacrificio con el fin de reducir la cantidad de patógenos y aumentar la vida útil del producto.

Sales tales como el lactato de sodio se han utilizado en la industria de la carne debido a su capacidad para aumentar el sabor, prolongar la vida útil, y mejorar la seguridad microbiológica de los productos (Diez, *et al.*, 2009). Los efectos antimicrobianos de los lactatos son debido a su capacidad para reducir la actividad de agua y el efecto inhibitorio directo del ión lactato, ya que sus aniones son liberados cuando son disueltos en agua o en el alimento. El efecto antimicrobiano ocurre mediante la difusión de iones lactato dentro de las células microbianas hasta que el

equilibrio es alcanzado, de acuerdo al gradiente de pH, causando la inhibición de reacciones metabólicas esenciales mediante el estrés en el pH intercelular, la homeostasis, la acumulación de aniones tóxicos y finalmente la muerte de las células microbianas.

1.4. Normatividad y calidad de la carne

La carne es un móvil de microorganismos patógenos, que ocasionan un impacto negativo sobre la salud pública, por lo tanto existen normas como la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994 y la NOM-008-ZOO-1994, las cuales establecen los procedimientos que debe cumplir cada una de las áreas de la industria cárnica, como son los requisitos para la construcción y diseño para un rastro registrado, el proceso de sacrificio, hasta la obtención de los diversos productos y subproductos cárnicos para el consumo humano, con el objetivo de obtener productos de óptima calidad higiénica y sanitaria. Por otra parte se encuentra la Norma Oficial Mexicana NOM-030, dicha norma enuncia los procedimientos y especificaciones necesarios para la verificación de carne, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoosanitaria.

De la misma manera se encuentra la Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-200, publicada por el Diario Oficial de la Federación en el 2004. La cual indica las especificaciones sanitarias que deben encontrarse en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio, con el objetivo de proteger la salud de la población que los consume.

La calidad, ha sido entendida a través de los tiempos y en diversos países de muchas maneras, pero la mayoría de los que la definen, coinciden en que la calidad es un conjunto de características o cualidades que posee un producto y que permite satisfacer las necesidades del consumidor. Existen diferentes tipos de calidad como los que se presentan a continuación:

- **Calidad higiénica sanitaria:** El cliente busca que el producto se maneje y tenga la limpieza adecuada, además de que no contenga agentes bacterianos o virales que le puedan causar daños a su salud.
- **Calidad nutricional:** Estará dada por la cantidad de elementos que cierto producto pueda aportar al organismo (vitaminas, minerales, proteínas, lípidos, carbohidratos).

- Calidad subjetiva: En esta lo que influye son las creencias tanto religiosas como las adquiridas por otros medios.
- Calidad sensorial: Es en consideración la más relevante para los compradores, ya que en esta influyen sus hábitos y costumbres inculcados generaciones atrás y es por la que se dejan guiar al momento de comprar, en estas influyen indicadores como: color, textura, ternura, jugosidad, palatabilidad, aroma, sabor, facilidad de preparación y contenido de grasa (Pérez, 2013).

De esta manera se encuentra la Norma Mexicana NMX-FF-078-SCFI-2002, la cual proporciona las características de calidad que deben reunir las canales para su comercialización, la cual define la calidad de la carne como, los atributos o características deseables para el consumo humano.

Por lo tanto la inspección de la carne debe consistir en la inspección ante-mortem y la inspección *post-mortem* de los animales sacrificados. Estos procedimientos se efectúan con el propósito de emitir un dictamen sobre la inocuidad e idoneidad de la carne y su destino. Juegan un papel fundamental como principales medidas de control para asegurar la inocuidad de la carne y, obviamente, para identificar y vigilar las enfermedades animales (FAO, 2013).

La inspección se lleva a cabo generalmente en el matadero por veterinarios o inspectores adecuados en materia de la higiene de la carne, designados por la autoridad competente. El procedimiento de inspección de la carne consta de dos fases: inspección *ante-mortem* e inspección *post-mortem*.

Durante la inspección *ante-mortem* los animales sacrificados se someten a examen a fin de evaluar el comportamiento general, el estado nutricional, la limpieza, signos de enfermedades y anormalidades en el porte, estructura, color, secreciones y olor. Todos los animales sospechosos, sucios, enfermos o heridos deberán separarse de los animales sanos para evitar la contaminación cruzada y deberán sacrificarse por separado.

La inspección *post-mortem* se realiza de forma rutinaria a fin de garantizar que las canales y sus órganos estén libres de enfermedades. Los resultados de la inspección *ante-mortem* y *post-mortem* sirven para establecer un dictamen final sobre la idoneidad de la carne o de los órganos para el consumo humano (FAO, 2009).

1.5. Propiedades físicas y fisicoquímicas de la carne

Las características físicas y fisicoquímicas de la carne presentan variaciones debido a numerosos factores, tales como la especie, raza, edad, manejo y la alimentación del animal. La combinación e interacción de diversos factores intrínsecos (composición del alimento, pH, a_w , temperatura, capacidad de retención de agua) y extrínsecos (temperatura, composición de la atmósfera gaseosa, intensidad de la luz, características del envasado y el almacenamiento) determinan la microbiología de la carne (Rodríguez, Sampedro, 2011).

1.5.1. Parámetros de perfil de color

El color, como lo detecta el ojo humano, es el resultado de una combinación de diversos factores. Cualquier color específico posee tres atributos conocidos como tinte, croma y luminosidad. El tinte o tono describe lo que generalmente se piensa o admite como color: amarillo, verde, azul o rojo. El croma (pureza o saturación) describe la intensidad del color fundamental con respecto a la cantidad de luz blanca mezclada con él. La luminosidad de un color es la indicación de su reflectancia total (brillo).

El color es importante en la industria de producción de carne, esto es porque los consumidores asocian un color rosa brillante a la carne. El brillante color rosado de la carne es el resultado de la oxigenación de la mioglobina. El brillo en la carne depende de una variedad de factores incluyendo el contenido de mioglobina en el músculo, la oxidación y la desnaturalización de la mioglobina, así como el pH del tejido. Un bajo pH altera la solubilidad del oxígeno, aumentando la profundidad de la difusión del oxígeno, lo que aumenta el brillo. La evaluación del color realizada a través de análisis instrumentales deben ser coherentes y reflejar, tan cerca como sea posible, una evaluación visual parecida a la del ser humano, que en última instancia determina la aceptabilidad del consumidor. A pesar de la alta sensibilidad, los métodos instrumentales no pueden modelar por completo la evaluación visual del humano. Por lo tanto, es importante entender la sensibilidad de los instrumentos para evaluar el color. El color de la carne se mide generalmente mediante la reflectancia, usando uno de los dos enfoques generales. Los colorímetros usan filtros colocados entre una fuente de luz y una muestra reflectante, de manera que una cantidad conocida de energía pasa a través del filtro y se refleja posteriormente en la muestra de nuevo a un detector en el instrumento (Fernández, 2007).

Una vez que la luz incide sobre la superficie de la carne y se refleja de vuelta al detector (ojo o instrumento), el procesador (cerebro o microprocesador) interpreta el color. Para facilitar la interpretación del color, se han desarrollado herramientas para ayudar en la interpretación del mismo. En 1931, la Comisión Internacional de l' Eclairage (CIE) desarrolló el triestímulo XYZ (Figura 2) y los parámetros L (luminosidad), a^* y b^* del color, en el año 1976 (Figura 3).

La razón de que el sistema CIE L, a^* b^* , fuera desarrollado, es debido a que en el triestímulo XYZ las distancias entre los colores individuales no corresponden a las diferencias de color percibidas (AMSA, 2012).

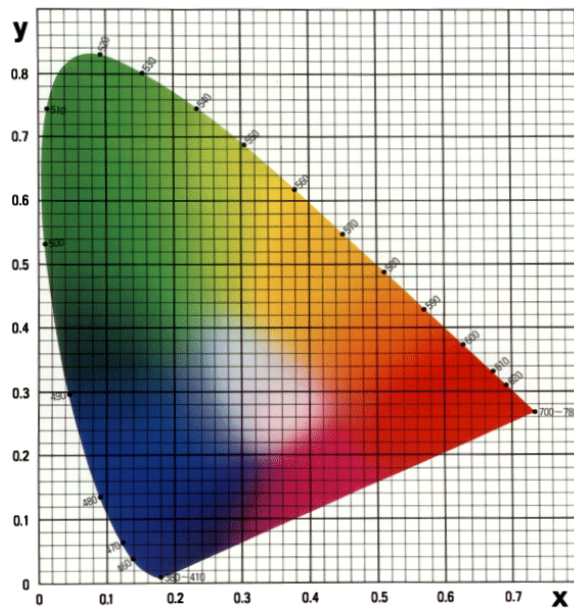


Figura 2 Espacio del color. CIE

Fuente: AMSA, 2012

En el sistema CIE, el eje a^* se extiende de verde ($- a^*$) a rojo ($+ a^*$) y el eje b^* de azul ($- b^*$) a amarillo ($+ b^*$). El brillo (L) aumenta desde el fondo hasta la parte superior del modelo tridimensional (Figura 3).

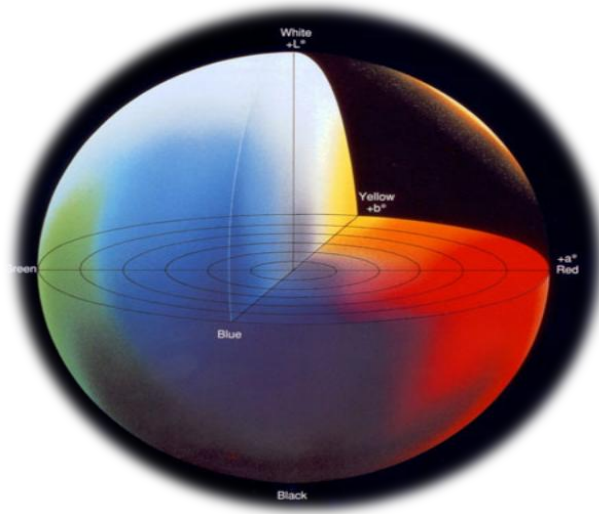


Figura 3 Representación del color sólido, hecha por CIE (L, a* y b*)

Fuente: AMSA, 2012

El color perceptible tiene tono (h), luminosidad (L) y propiedades de saturación (C*). El tono es la descripción del color como lo comunicamos comúnmente (rojo, amarillo, verde, azul, etc.) El tono (h) se debe a específicas longitudes de onda reflejadas a partir de la superficie de la carne de vuelta al detector (AMSA, 2012). La luminosidad (L) describe el brillo u oscuridad del color, que representado de una manera numérica 100 es blanco y 0 es negro. La saturación (C*) se refiere a que tan vivo o pálido es el color (Figura 4).

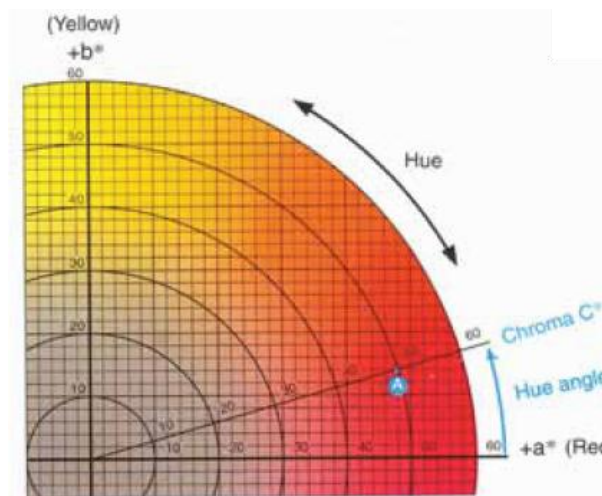


Figura 4 Representación gráfica del tono y saturación del color

Fuente: AMSA, 2012

1.5.2. pH

El pH de un alimento es uno de los principales factores que determinan la sobrevivencia y el crecimiento de los microorganismos durante su procesamiento, almacenaje y distribución. Se ha

demostrado que existe una relación altamente significativa entre el pH y el crecimiento de microorganismos, dándose esta relación en dos sentidos. El crecimiento de microorganismos se ve afectado por el pH en el medio ambiente; o bien, que la variación en el pH es debida al crecimiento de microorganismos capaces de alcalinizar o acidificar el medio por la producción de metabolitos (Rivera, 2005).

Una vez ocurrido el sacrificio del animal, se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo en carne. La carne es el resultado de los cambios bioquímicos que ocurren en el período *post-mortem* asociados al establecimiento del *rigor mortis* y su resolución para que ocurra la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del *rigor mortis* es la acidificación muscular (Pérez, 2013).

En un músculo en reposo, el adenosín trifosfato (ATP), se produce de manera eficiente, a través de la vía glucolítica, en la que se producen 36 moléculas de ATP, de una molécula de glucosa. El ATP sirve para mantener el músculo en estado relajado. Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que se instaura un metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ATP formado se obtiene a través de la degradación de glucógeno en ácido láctico. Este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va a provocar el descenso del pH muscular (Warris, 2003).

Tanto el valor final del pH o pH último (pHu), que es medido aproximadamente a las 24h después del sacrificio, como la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne, afectan las características organolépticas y tecnológicas de la carne.

El descenso del pH depende del tipo de fibras que predominan en el músculo, fibras blancas (predominantemente glucolíticas) y fibras rojas (cuya principal función es oxidativa) y de la actividad muscular antes del sacrificio, teniendo así que la carne llega a tener valores que oscilan entre 5.4 y 5.6 (Rodríguez *et al.*, 2011).

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, el cual mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno. Los electrodos de pH pueden clasificarse según el material del que estén contruidos, existen así electrodos metálicos o de vidrio. Según su forma y función, los electrodos se clasifican en normales, o de inmersión y electrodos de penetración. Los primeros se utilizan para medir

homogenizados de carne mientras que los segundos, poseen un extremo punzante que permite medir el pH directamente en los alimentos (García, 2009).

1.5.3. Actividad de agua (a_w)

Las propiedades coligativas, reológicas y de textura de un alimento dependen de su contenido de agua, el cual influye en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas, dicha agua presente en el alimento se divide en agua “libre” y “ligada”.

El a_w , también llamado coeficiente de actividad del agua, constituye el agua ligada aprovechable por los microorganismos y representa un factor muy importante para su proliferación en los alimentos. El valor a_w depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto. Tiene incidencia sobre las características de calidad, tales como: textura, sabor, color, gusto, valor nutricional del producto y su tiempo de conservación (Rodríguez *et al.*, 2011).

Los microorganismos necesitan la presencia de agua, en una forma disponible, para crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas. La mejor forma de medir la disponibilidad de agua es mediante la actividad de agua (a_w). La a_w de un alimento se puede reducir aumentando la concentración de solutos, donde las moléculas de agua se orientan en torno a las moléculas del soluto y otras quedan absorbidas por los componentes insolubles de los alimentos, el agua queda de una forma menos reactiva.

Varios métodos de conservación utilizan estos conceptos. La deshidratación es un método de conservación de los alimentos basado en la reducción de la a_w (lo que se consigue eliminando el agua de los productos). También el agregado de solutos disminuye la a_w lo cual se da durante el curado y salado, así como con el almíbar y otros alimentos azucarados.

La a_w de un alimento o solución se define como la relación entre la presión de vapor del agua del alimento (p) y la del agua pura (p_0) a la misma temperatura.

$$a_w = p/p_0$$

La actividad de agua depende de la temperatura dado que ésta influye también sobre la presión de vapor de agua de las soluciones, pero el efecto es pequeño con la mayoría de los solutos salvo que las soluciones sean saturadas. En tales casos, las cantidades de algunas sustancias de la solución, y, por tanto, la a_w , pueden variar marcadamente con la temperatura. Tienen a_w de 0,95 o superior las carnes y pescados frescos, las frutas, hortalizas y verduras frescas, la leche, las hortalizas en salmuera enlatadas, las frutas enlatadas en jarabes diluidos. En este intervalo de a_w

crecen todos los microorganismos causantes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y los que habitualmente dan lugar a alteraciones (*C. botulinum*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella* y *E. coli*), excepto los xerófilos y halófilos extremos.

Muchos alimentos logran estabilidad, desde el punto de vista microbiológico, eliminando el agua que contienen (deshidratación) o mediante el agregado de solutos hasta alcanzar un valor bajo de a_w . En la deshidratación, se le aplica energía al alimento en forma de calor, aumentando la presión de vapor del agua presente hasta un nivel tal que el agua de la superficie de los alimentos se evapora. La evaporación conlleva un descenso de la temperatura de la superficie y se necesita un aporte adicional de calor para mantener la presión de vapor a un nivel adecuado. A medida que se va evaporando el agua superficial se va reemplazando por otra procedente del interior que migra a merced de los procesos de difusión, convección, flujo capilar y retracción. La evaporación de la humedad de los alimentos se debe a la diferencia entre la presión de vapor de la atmósfera y la presión superficial del alimento. A medida que avanza la deshidratación, descende la velocidad de eliminación del agua porque la migración de agua a la superficie tiene un límite; las capas superficiales se hacen menos permeables y el aumento de la concentración de solutos reduce la presión de vapor de la superficie. Por ello, para alcanzar el grado de desecación deseado se hace necesario reducir la presión de vapor ambiental o aumentar la temperatura del alimento (Badui, 2006).

Así mismo se encuentra la congelación como un método más para reducir la a_w , en donde la temperatura y tiempo de congelación de productos alimentarios dependerá de la cantidad de solutos en solución que contiene. La temperatura de congelación para el agua pura es constante hasta que el agua se ha congelado, pero en el caso de alimentos, la temperatura de congelación es más baja que para el agua pura, ya que los solutos del agua no congelada se van concentrando y la temperatura de congelación va disminuyendo continuamente hasta que la solución queda congelada. Al final de la congelación, la masa entera del producto se ha convertido en rígida, formando estados eutécticos, que consisten en cristales de hielo y componentes del alimento o zonas vítreas amorfas que son propiciadas por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial. El estado eutéctico asegura la eliminación de agua sólo por sublimación, y no por combinación de sublimación y evaporación.

1.5.4. Capacidad de retención de agua (CRA)

La humedad es un parámetro físico-químico importante por su contribución a la calidad de la carne y la de sus productos derivados. La humedad está relacionada con la textura, terneza y color de la carne cruda, así como la jugosidad y firmeza de la carne cocinada (Lonergan & Lonergan, 2005).

La mayor parte de los músculos *post-rigor* contienen sobre un 70% agua, dependiendo primeramente del contenido lipídico y de la madurez fisiológica del músculo.

La capacidad de la carne fresca para retener la humedad es sin duda una de sus características más importantes, la retención de agua se produce a nivel de las cadenas de actino-miosina. El agua es retenida en el interior de una red de fibras musculares de dos maneras (Fernández, 2007):

- La acción de cargas eléctricas de las proteínas que permiten fijar firmemente un cierto número de moléculas de agua
- La acción ligada a la configuración espacial más o menos abierta de ésta red y consecuentemente la posibilidad más o menos importante de contener y retener las moléculas de agua.

Esto es causado en primer lugar por una inmovilización de agua de los tejidos en el sistema miofibrilar, más específicamente el agua es mantenida o atrapada en el músculo o producto muscular por una acción capilar que es generada por pequeños poros o capilares, teniendo en cuenta además que las miofibrillas ocupan aproximadamente el 70% del volumen total de la masa molecular; esto significa que una notable parte del agua inmovilizada debe estar localizada en los filamentos gruesos y entre las miofibrillas (Tejerina, *et al.*, 2012).

La determinación se hace de una forma indirecta, midiendo el agua eliminada al someter la carne a una determinada fuerza externa. La cantidad de agua libre o ligada se expresa referida a la totalidad del agua, o mejor aún a la cantidad de carne muscular o de proteína muscular (Fernández, 2007).

Justificación

Actualmente la carne de conejo no es de gran consumo en nuestro país, debido a su baja producción y comercialización, ya que su consumo anual promedio es de 100 gramos por persona, a pesar de sus grandes cualidades nutritivas. Por el contrario de países como Francia, Portugal, Italia y España donde el consumo anual *per cápita* es superior a los tres kilogramos.

Existe una gran preocupación por las enfermedades originadas por alimentos contaminados con microorganismos, a las que se les conoce generalmente como Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), siendo un gran riesgo sanitario para la población, por lo tanto debido a que la carne es altamente perecedera, causado por la presencia de microorganismos patógenos, originados en muchas ocasiones por las malas condiciones de sacrificio y almacenamiento, así como las técnicas empleadas para su conservación, se han buscado alternativas para la preservación de los alimentos, tal como lo es la bioconservación, en donde se emplean sustancias naturales o propias del alimento, como lo son las bacterias ácido lácticas, las cuales producen sustancias tales como el ácido láctico y su sal, el lactato de sodio, los cuales al ser empleados en conjunto con otros métodos de conservación (Teoría de barreras), se puede garantizar e incrementar la seguridad del alimento.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo se efectúa con la finalidad de evaluar el efecto que tiene la aplicación de un antimicrobiano natural (lactato de sodio) y la teoría de barreras (envasado al vacío y refrigeración), en las propiedades físicas y fisicoquímicas de la carne así como la calidad de la misma la cual es evaluada mediante el color.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de lactato de sodio, envase al vacío y refrigeración en carne de conejo, sobre sus propiedades físicas y fisicoquímicas.

Objetivos particulares

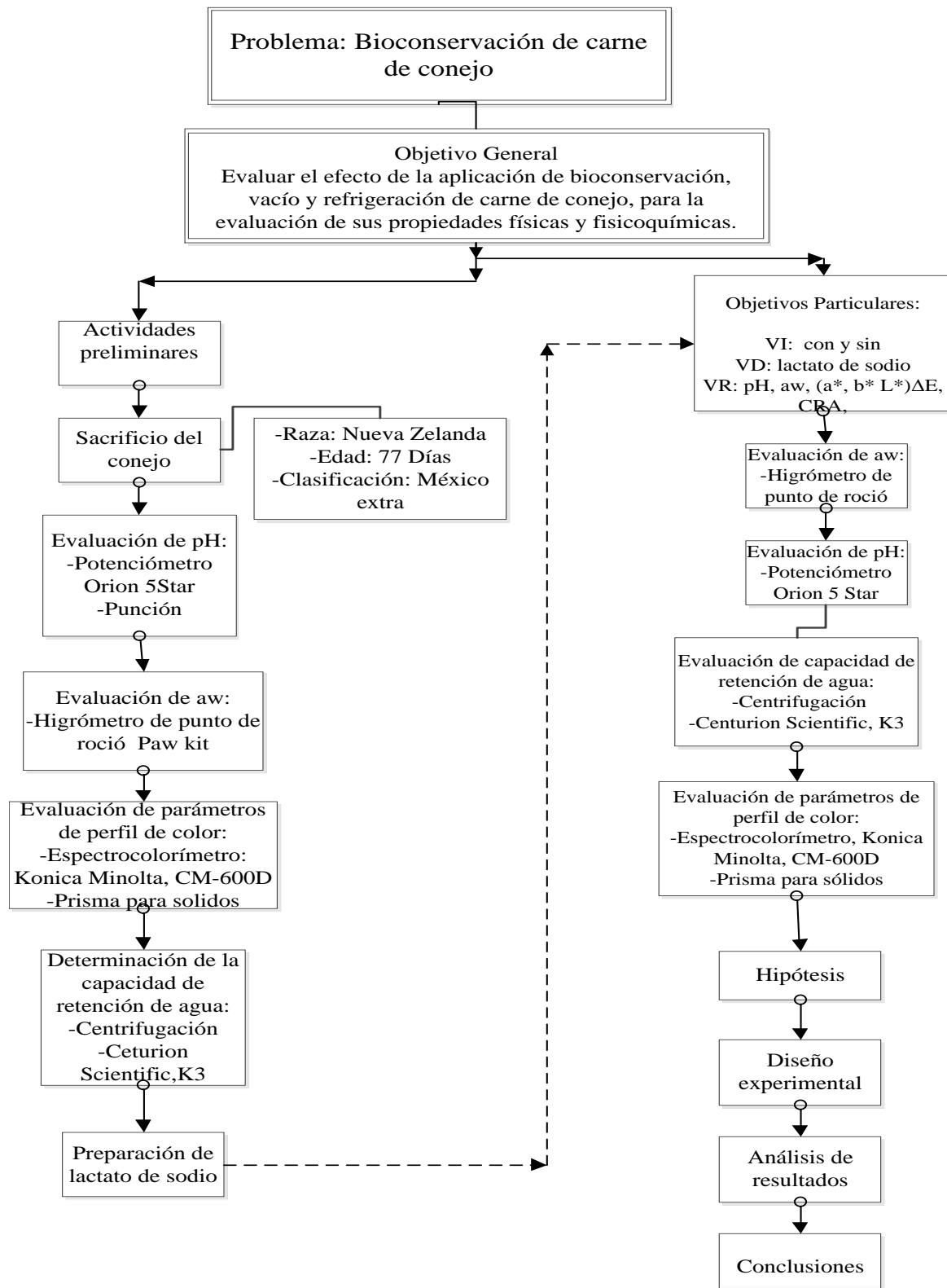
1. Establecer el efecto del uso combinado de lactato de sodio, envasado al vacío y refrigeración (4°C) de carne de conejo, mediante el análisis de algunos parámetros físicos (parámetros de perfil de color), respecto de un lote sin adición.
2. Comprobar el uso combinado de lactato de sodio, envasado al vacío y refrigeración (4°C) de carne de conejo, mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos (pH, a_w y % de Humedad) respecto de un lote sin adición.
3. Relacionar los cambios que ocurren en la carne de conejo envasada al vacío, refrigerada (4°C) y adicionada o no de lactato de sodio en términos de algunos parámetros físicos y fisicoquímicos, durante 6 días de almacenamiento.

Hipótesis

El uso de lactato de sodio aplicado en carne de conejo envasada al vacío y refrigerada, solos o combinados pueden tener efecto en el sistema cárnico y entonces se verán afectadas algunas propiedades físicas y fisicoquímicas de la carne en comparación con los lotes control sin adición.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



2. Materiales y métodos

2.1. Obtención de la materia prima

Se trabajó con conejos hembras de raza californiana (Figura 5) clasificación México Extra de 70 días de edad (NMX-105-SCFI-2005), del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA) de la FES-C del módulo de conejos, de donde fueron trasladados para su sacrificio al Taller de Carnes del mismo CEA, una vez sacrificados, se obtuvieron específicamente los músculos pelvianos (*Quadricepsfemoris*).



Figura 5 Conejo hembra de raza California

Se llevó a cabo la insensibilización conforme a la NOM-033-ZOO-1995, el método consiste en la dislocación de cervicales, se realiza tomando con una mano el cuello del conejo a la altura de las cervicales y con la otra mano los miembros posteriores, aplicando la fuerza necesaria que permita efectuar una dislocación inmediata (Figura 6).



Figura 6 Insensibilización del conejo

Una vez insensibilizado el animal, se colocó sobre un arnes, entre el tendón del músculo flexor superficial de los dedos y el músculo tibial caudal (parte baja de las patas posteriores); después se realizó la exanguinación, con un corte a nivel de las vértebras cervicales empleando un cuchillo (Figura 7).



Figura 7 Desangrado del conejo

Se dejó desangrar aproximadamente por 2min. Eliminando las extremidades, se retira la piel realizando un corte en las piernas traseras y jalándola hacia abajo empleando un cuchillo y las manos del operador (Figura 8 y 9).

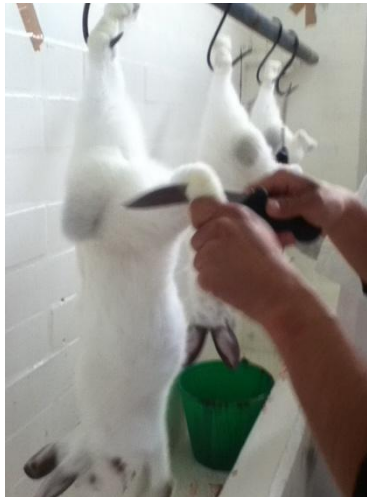


Figura 8 Eliminación de las extremidades y faenado

Terminado el faenado del animal, se eviscera, cortando en la línea media de la pared abdominal, eliminando el recto, vejiga, intestinos y riñones (Figura 10).



Figura 9 Eviscerado

Después del eviscerado se obtuvo la canal del conejo y se disecciono el músculo *Quadriceps femoris*, el cual sería sometido a bioconservación, mediante la aspersion de lactato de sodio; para posteriormente ser envasado al vacío y refrigerado (Figura 11).



Figura 10 Miembros posteriores

2.1.1. Tratamiento con los agentes químicos

Se preparó una solución de lactato de sodio al 2% (v/v), empleando lactato de sodio líquido al 60% (Acofarma, España), y se almacenó en refrigeración (4°C) hasta su uso, en un frasco Schott. Se asperjaron 2ml de la solución de lactato al 2%, 1ml en cada cara del miembro posterior de cada animal aproximadamente durante 30s a una distancia de 30cm, (Figura 12). El segundo miembro posterior de cada animal permaneció sin tratamiento, sirviendo esta como muestra de control.

Cuadro 4 Tratamientos de las muestras

Tratamientos envasados al vacío almacenados en refrigeración (4°C)				
	TRATAMIENTO 1	Lactato de sodio (2%)	TRATAMIENTO 2	CONTROL
Repetición 1	MUESTRA 1	Prueba	MUESTRA 2	Prueba
		pH		pH
		Color		Color
		a_w		a_w
	MUESTRA 3	CRA	MUESTRA 4	CRA
		pH		pH
		Color		Color
		a_w		a_w
	MUESTRA 5	CRA	MUESTRA 6	CRA
		pH		pH
		Color		Color
		a_w		a_w
		CRA		CRA

*Se realizaron 5 repeticiones



Figura 11 Adición del agente químico

2.1.2. Condiciones de envasado

Inmediatamente después de la aspersión de solución bioconservante, las muestras tratadas y las control, fueron colocadas en bolsas Air Sealed CRYOVAC™, para su envasado al vacío, en una envasadora al vacío Mod.VC999, Inaven Maschinene AG (figura 13).



Figura 12 Envasado de las muestras de carne de conejo

Una vez empacadas al vacío las muestras, se almacenaron en refrigeración, a 4°C según lo indicado en la NOM-033-ZOO-1995. Siendo así que las muestras conservadas en refrigeración para el posterior análisis de sus propiedades a tres días diferentes (al inicio, 2° y 6° día después del sacrificio), durante una semana.

2.2. Evaluación de los parámetros de perfil de color

Los parámetros de perfil fueron evaluados con un Espectrocolorímetro CM-600d, Konica Minolta, Japón. El espectrocolorímetro fue calibrado antes de cada uso, usando las indicaciones del fabricante, las cual consistía en una calibración en blanco, donde el colorímetro captaba y media la luminosidad del ambiente, posteriormente se realizaba una calibración en negro, ambas usando un iluminante A con una abertura de 10° (Figura 14). Se obtuvieron los parámetros L, a*, b*, C* y hue, los cuales son calculados directamente por el software del equipo. Los parámetros L, a* y b* fueron utilizados para el cálculo de ΔE (Cambio de color) mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Siendo:

ΔL = Luminosidad de muestra – luminosidad de referencia

Δa^* = a^* de la muestra – a^* de referencia

Δb^* = b^* de la muestra – b^* de referencia



Figura 13 Colorímetro Konica Minolta

Tomando como valores de referencia los obtenidos en el primer día de evaluación en la carne fresca.

2.3. Determinación de pH

La determinación de pH se realizó empleando un potenciómetro Orion 5 Star, Thermo Scientific, USA, empleando un electrodo KNIpHE®, mediante punción. El potenciómetro fue calibrado usando soluciones buffer con pH entre 4 y 7, marca Thermo Scientific, modelo Orion 9101104 y 910407 respectivamente (Figura 15).



Figura 14 Potenciómetro Orion 5 Star, Soluciones Buffer

2.4. Determinación de a_w

La determinación de la actividad de agua se realizó empleando un higrómetro de punto de rocío, Pa_wkit, Decagon, USA (Figura 16), con el protocolo planteado por Fontana (2001). Se emplearon de 10-15 gramos de muestra, los cuales se colocaron en los recipientes para muestra del higrómetro y se tomó la lectura para cada una de las muestras.



Figura 15 Higrómetro de punto de rocío

2.5. Evaluación de la capacidad de retención de agua (%)

Para evaluar la capacidad de retención de agua (CRA), se empleó una versión modificada del protocolo descrito por Regenstein (2003). Se emplearon plantillas cuadradas de papel filtro Whatman del n° 42 (1 pieza) con una longitud de 6cm por lado y Whatman del n°3 de 4cm (3 piezas). Se emplearon $\pm 1.5g$ de muestra, pesando las plantillas de papel filtro, colocando como base el papel filtro Whatman n°42, y sobre este las 3 piezas de Whatman n°3, posteriormente la muestra, todo esto se coloca dentro de un tubo falcon de 50 mL centrifuga y se centrifugó a 6000 rpm durante 25 min a 4°C (centrifuga Mod. K2015, Centurion Scientific, Reino Unido) (Figura 17), realizando 3 réplicas para cada muestra. Al terminar, se pesó de nueva cuenta el papel filtro sin muestra, y se realizó el siguiente cálculo:

$$EM = \left(\frac{WF_2 - WF_1}{WS} \right) \times 100$$

EM = Humedad

WF₂ = Peso del papel filtro después de la centrifugación

WF₁ = Peso del papel filtro antes de la centrifugación

WS = Peso de la muestra inicial



Figura 16 Centrifuga Centurion Scientific K2015

CAPÍTULO 3
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

3. Análisis y discusión de resultados

En el cuadro 5 se presenta el condensado de los datos obtenidos durante la experimentación.

3.1 pH

Cuadro 5 Valores de pH correspondientes a cada una de las repeticiones con los diferentes tratamientos al inicio, 2° y 6° día.

Día	Repeticiones	Tratamientos	Repeticiones					Promedio	D.S	C.V (%)
			1	2	3	4	5			
0	1	Lactato	6.42	6.62	6.6	6.61	6.55	6.56	0.0827	1.26
		Control	6.53	6.67	6.48	6	6.72	6.48	0.2857	4.41
	2	Lactato	6.52	6.81	6.77	6.65	6.45	6.64	0.1552	2.34
		Control	6.6	6.51	6.55	6.52	6.54	6.54	0.0350	0.54
	3	Lactato	6.09	6.1	6.19	6.14	6.04	6.11	0.0563	0.92
		Control	6.1	6.26	6.25	6.16	6.11	6.17	0.0756	1.23
	4	Lactato	6.14	6.15	6.19	6.12	6.17	6.15	0.0270	0.44
		Control	6.23	6.29	6.3	6.23	6.24	6.25	0.0342	0.55
	5	Lactato	6.66	6.59	6.58	6.53	6.67	6.60	0.0585	0.89
		Control	6.49	6.4	6.4	6.4	6.47	6.43	0.0443	0.69
2	1	Lactato	5.96	5.75	5.77	5.56	5.76	5.76	0.1415	2.46
		Control	5.83	5.71	5.69	5.68	5.68	5.71	0.0637	1.12
	2	Lactato	5.46	5.5	5.54	5.5	5.48	5.49	0.0296	0.54
		Control	5.52	5.51	5.49	5.5	4.49	5.30	0.4540	8.56
	3	Lactato	5.89	5.88	5.83	5.9	5.85	5.87	0.0291	0.50
		Control	5.69	5.66	5.69	5.7	5.69	5.68	0.0151	0.27
	4	Lactato	5.76	5.75	5.77	5.66	5.76	5.74	0.0452	0.79
		Control	5.61	5.69	5.68	5.68	5.63	5.65	0.0356	0.63
	5	Lactato	5.52	5.51	5.54	5.5	5.58	5.53	0.0316	0.57
		Control	5.41	5.42	5.49	5.5	5.49	5.46	0.0432	0.79
6	1	Lactato	5.9	5.88	5.85	5.85	5.86	5.86	0.0216	0.37
		Control	5.94	6.03	5.92	5.95	5.94	5.95	0.0427	0.72
	2	Lactato	5.91	5.9	5.82	5.88	5.9	5.88	0.0363	0.62
		Control	5.64	5.7	5.69	5.79	5.67	5.69	0.0563	0.99
	3	Lactato	5.6	5.5	5.5	5.5	5.65	5.55	0.0707	1.27
		Control	5.22	5.25	5.2	5.26	5.25	5.23	0.0250	0.48
	4	Lactato	5.43	5.4	5.41	5.49	5.3	5.40	0.0687	1.27
		Control	5.39	5.33	5.37	5.38	5.33	5.36	0.0282	0.53
	5	Lactato	5.47	5.45	5.42	5.44	5.49	5.45	0.0270	0.50
		Control	5.51	5.5	5.56	5.53	5.52	5.52	0.0230	0.42

El efecto de la combinación de barreras que ofrecen la aplicación de la solución de lactato de sodio al 2%, con la refrigeración y el envasado al vacío, como estrategia de conservación, permite observar que la aplicación del lactato de sodio por sí mismo, fue el responsable del efecto positivo en los parámetros analizados, en comparación con el control (sin lactato). Este efecto positivo ha sido analizado también por Blanco, et al., 2015, quienes demuestran el efecto de la

difusividad de iones lactato en un sistema cárnico, al demostrar que desde el primer día de aplicación del lactato de sodio. En el presente trabajo las muestras analizadas tuvieron valores promedio de 6.41, mientras que las muestras control (sin lactato) al primer día de análisis, los valores promedio fueron de 6.50 (figura 18), con una reducción significativa ($P < 0.05$) en los valores de pH de la carne de conejo. La conservación de la carne por la adición de lactato, se fundamenta en la inhibición de reacciones metabólicas que promueve, mediante dos mecanismos esenciales; la acidificación citoplásmica, la cual provoca un desacoplamiento entre la producción y regulación de energía, y a través de la acumulación de aniones, ácidos disociados hasta niveles tóxicos para los microorganismos (Jay *et al.*, 2005).

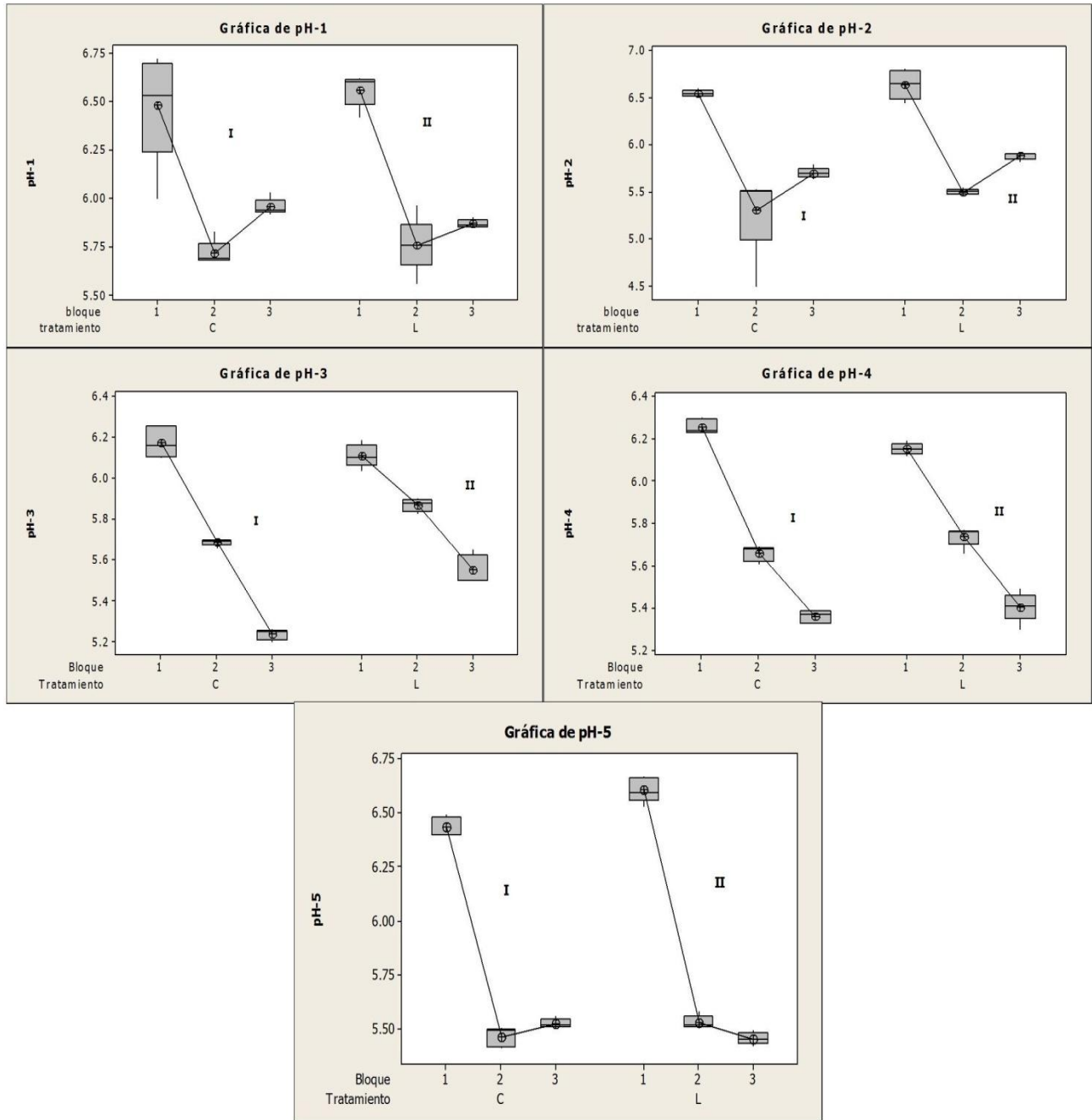


Figura 17 Efecto combinado de la adición de lactato-refrigeración-vacío en el pH de la carne de conejo (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

De acuerdo con lo anterior y mediante el análisis estadístico realizado se confirma que hubo una tendencia positiva en el efecto de la adición de lactato de sodio en los valores de pH obtenidos, con una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos y con respecto al tiempo de

almacenamiento (6 días) en refrigeración (4°C) evaluado en las muestras control y la muestras tratadas con lactato de sodio.

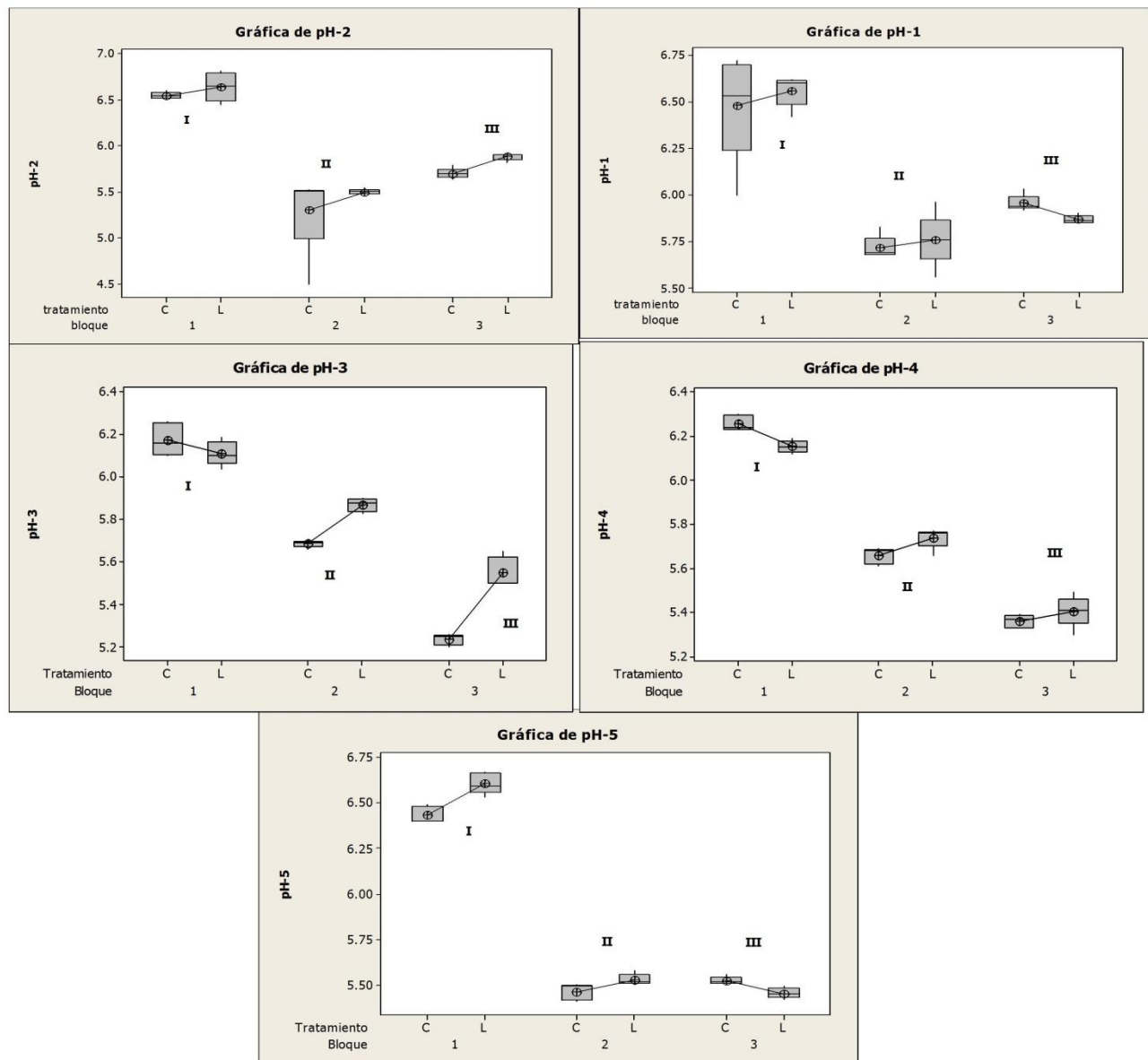


Figura 18 Efecto combinado de la adición de lactato-refrigeración-vacío en el pH de la carne de conejo durante 6 días de almacenamiento (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

El pH del producto, tras 6 días de envasado al vacío-refrigerado en las muestras tratadas con lactato de sodio (2%) fue de 5.62, lo cual concuerda con Habib *et al.*, 2014, quienes obtuvieron 5.65, cabe aclarar que para el lote control (sin lactato) dicho valor fue de 5.55. En la figura 19, se puede apreciar que si bien entre los tratamientos (con y sin lactato) existe una diferencia

significativa ($P < 0.05$) de los valores de pH tras 6 días, no es así al compararlos entre tratamientos en cada día, en donde no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$). La variación del pH en las canales de conejo se puede atribuir al hecho de que en los primeros momentos del *post-mortem*, la matriz proteica miofibrilar y debido a la presencia de ATP, permanece extendida, con el paso del tiempo el músculo se va contrayendo y relajando a libertad, hasta que se agota. El consumo de ATP muscular y la baja eficiencia de su producción en la glucólisis anaerobia, provoca una contracción sostenida denominada *rigor mortis*, en donde se incrementa sustancialmente la formación de ácido láctico y, por lo tanto, el pH disminuye hasta llegar a un valor mínimo (Pérez, 2013, Warris, 2003).

3.2 a_w

Los resultados de a_w (cuadro 6) obtenidos de la evaluación de las muestras de carne de conejo sometida a diferentes condiciones de conservación indican que las tratadas con lactato de sodio (2%) presentaron resultados iniciales de 0.91, mientras que para las muestras control de 0.93, lo cual demuestra que la adición de un soluto como el lactato de sodio tiene un efecto inmediato en la reducción de a_w , ($P < 0.05$) como se puede observar en las figuras 20 y 21.

De acuerdo con el análisis estadístico realizado se encontró que hay diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ambos tratamientos (con y sin lactato de sodio) lo que significa que la actividad de agua varía con respecto al tiempo de almacenamiento.

El a_w de la carne es una propiedad intrínseca muy importante, debido a que influye directamente en el crecimiento de microorganismos patógenos, la carne fresca generalmente presenta valores de $a_w > 0.95$. Diversos microorganismos como lo son *E. coli*, *Salmonella* y *Campylobacter* crecen en valores de a_w de 0.96-0.93, mientras organismos como *L. monocytogenes*, *S. aureus*, crecen en valores de 0.90-0.94. Al disminuir el valor de a_w de la carne se incrementa la fase lag del crecimiento microbiano, por lo tanto el crecimiento de los mismos se verá disminuido. Lo cual se logra al adicionar factores como la modificación del pH, la temperatura y la presencia de agentes antimicrobianos (lactato de sodio), los cuales trabajan sinérgicamente con el a_w (Jay *et al.*, 2005). Los alimentos con un alto a_w , como la carne, almacenados en un ambiente con baja humedad relativa (envase al vacío y refrigeración) tienden a perder humedad, al transferir humedad al ambiente, de esta forma el crecimiento microbiano es disminuido por la pérdida de agua

disponible. Esto es posible al alterar el ambiente gaseoso de la carne mediante el envase al vacío. Por lo tanto al observar los valores finales de a_w obtenidos para las muestras, 0.91 para el lactato de sodio y 0.93 para la muestra control, existe una diferencia significativa ($P < 0.05$), lo cual al contrastarse con la bibliografía se observa que una diferencia de 0.02 en el a_w disminuirá la carga microbiana de la carne de conejo (Shelef, 1994).

Cuadro 6 Valores de a_w correspondientes a cada una de las repeticiones con los diferentes tratamientos al inicio, 2° y 6° día

Día	Repeticiones	Tratamientos	Repeticiones					Promedio	D.S	CV (%)
			1	2	3	4	5			
0	1	Lactato	0.9	0.92	0.92	0.91	0.92	0.91	0.008	0.97
		Control	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.94	0.004	0.47
	2	Lactato	0.94	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.004	0.47
		Control	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0	0
	3	Lactato	0.9	0.9	0.91	0.91	0.9	0.90	0.005	0.60
		Control	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.004	0.48
	4	Lactato	0.89	0.91	0.92	0.91	0.91	0.90	0.010	1.20
		Control	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0	0
	5	Lactato	0.91	0.92	0.91	0.91	0.92	0.91	0.005	0.59
		Control	0.92	0.92	0.91	0.92	0.93	0.92	0.007	0.76
2	1	Lactato	0.9	0.91	0.91	0.92	0.91	0.91	0.007	0.77
		Control	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.004	0.47
	2	Lactato	0.92	0.92	0.93	0.93	0.92	0.92	0.005	0.59
		Control	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0	0
	3	Lactato	0.91	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.004	0.49
		Control	0.92	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	0.004	0.48
	4	Lactato	0.92	0.91	0.91	0.91	0.92	0.91	0.005	0.54
		Control	0.93	0.93	0.92	0.92	0.93	0.92	0.005	0.59
	5	Lactato	0.92	0.92	0.91	0.91	0.92	0.91	0.005	0.59
		Control	0.93	0.92	0.93	0.93	0.92	0.92	0.005	0.59
6	1	Lactato	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.91	0.005	0.59
		Control	0.93	0.94	0.93	0.93	0.94	0.93	0.005	0.58
	2	Lactato	0.92	0.91	0.9	0.91	0.91	0.91	0.007	0.77
		Control	0.93	0.92	0.93	0.92	0.93	0.92	0.005	0.59
	3	Lactato	0.9	0.91	0.91	0.91	0.9	0.90	0.005	0.60
		Control	0.93	0.92	0.93	0.92	0.93	0.92	0.005	0.59
	4	Lactato	0.91	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.004	0.49
		Control	0.93	0.92	0.93	0.93	0.93	0.92	0.004	0.48
	5	Lactato	0.93	0.93	0.91	0.91	0.9	0.91	0.013	1.46
		Control	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0	0

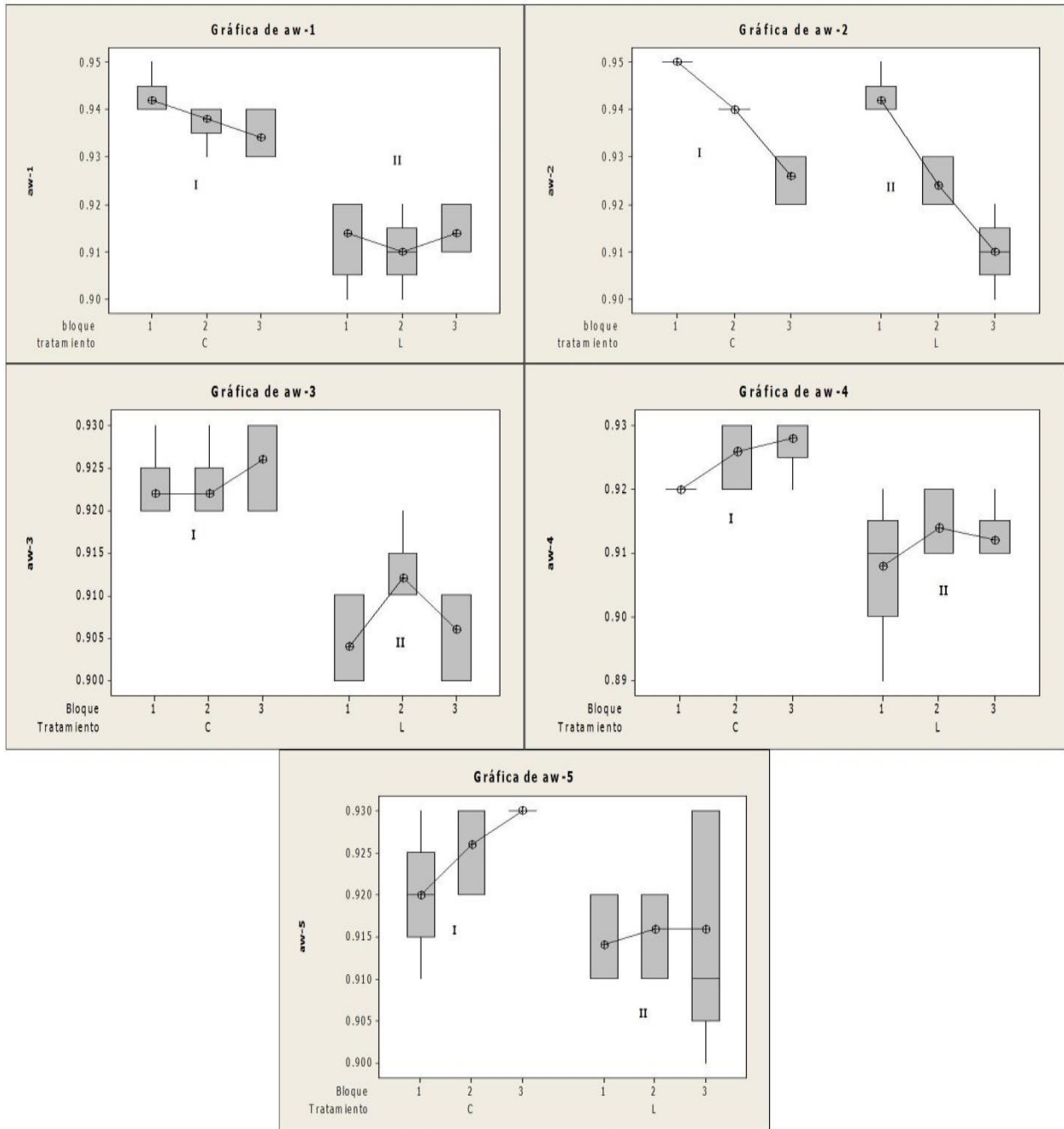


Figura 19 Valores de a_w obtenidos en carne de conejo con o sin lactato-ensvasada al vacío-refrigerada (4°C) durante 6 días de almacenamiento (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

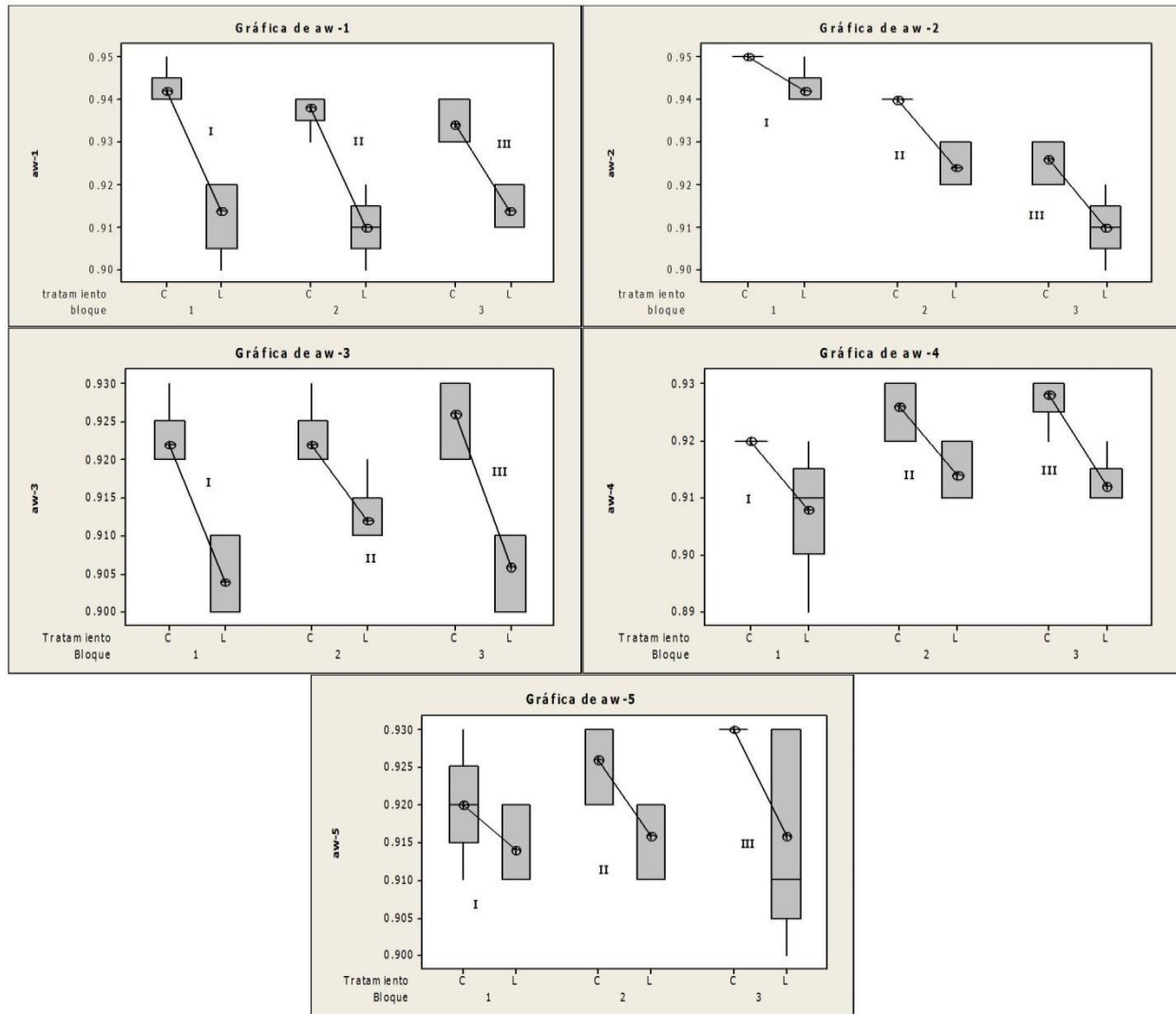


Figura 20 a_w obtenida para los tratamientos en los diferentes días de experimentación (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

3.3 Determinación de capacidad de retención de agua (CRA)

En relación con la capacidad de retención de agua (CRA) los resultados se presentan en el cuadro 7. Al inicio fueron de 20.04% para las muestras tratadas con lactato de sodio (2%), mientras que para las muestras control 20.72%, y resultados finales de 31.05% y 32.53% respectivamente, donde se observa que en las muestras tratadas con lactato de sodio hay una menor cantidad de agua disponible y por lo tanto la actividad microbiana se verá afectada y disminuida, mientras que para la muestra control el % de agua disponible es mayor y por lo tanto será afectada por la actividad microbiana. La carne de conejo presenta un bajo espacio inter filamentoso, lo que

aumenta la CRA de las miofibrillas, lo que está determinado por las fuerzas eléctricas de largo alcance debido a la adición de lactato de sodio, el cual aumenta la fuerza iónica influenciada por el punto isoeléctrico de las proteínas. Debido a que la adición del lactato de sodio puede influir en la desnaturalización de las proteínas, por la acción de proteasas y por cambios en la permeabilidad de las membranas, con una cierta difusión y redistribución iónica que da como resultado la sustitución de algunos iones divalentes y el debilitamiento de las fuerzas que aproximan las cadenas proteicas (Blanco, 2015).

Cuadro 7 Valores de CRA correspondientes a cada una de las repeticiones con los diferentes tratamientos al inicio, 2° y 6° días

Día	Repeticiones	Tratamientos	Repeticiones			Promedio	D.S	C.V (%)
			1	2	3			
0	1	Lactato	21.04	13.01	16	16.68	4.0609	24.33
		Control	15.59	17.85	17.44	16.96	1.2079	7.12
	2	Lactato	16.75	17.36	17.8	17.30	0.5263	3.04
		Control	25.38	23.08	22.38	23.61	1.5677	6.63
	3	Lactato	25.19	23.24	23.5	23.98	1.0594	4.41
		Control	21.11	23.29	21.25	21.88	1.2208	5.57
	4	Lactato	19.81	22.10	22.72	21.54	1.5312	7.10
		Control	18.6	14.43	18.2	17.07	2.2975	13.45
	5	Lactato	20.73	20.72	20.58	20.68	0.0867	0.41
		Control	23.41	25.94	22.92	24.09	1.6229	6.73
2	1	Lactato	30.67	35.25	23.79	29.90	5.7711	19.29
		Control	23.07	23.42	19.22	21.91	2.3328	10.64
	2	Lactato	27.32	25.23	29.58	27.38	2.1764	7.94
		Control	34.68	27.30	29.97	30.65	3.7401	12.20
	3	Lactato	29.02	22.58	25.10	25.57	3.2461	12.69
		Control	27.86	30.03	35.36	31.08	3.8578	12.40
	4	Lactato	23.21	23.48	22.20	22.97	0.6746	2.93
		Control	25.08	22.04	19.32	22.15	2.8838	13.01
	5	Lactato	27.38	31.41	29.98	29.59	2.0422	6.90
		Control	25.35	23.87	22.00	23.74	1.6772	7.06
6	1	Lactato	27.22	35.08	31.21	31.17	3.9314	12.61
		Control	23.03	26.02	24.97	24.67	1.5194	6.15
	2	Lactato	36.13	37.58	33.78	35.83	1.9144	5.34
		Control	37.81	37.66	39.07	38.18	0.7757	2.03
	3	Lactato	35.02	35.36	39.40	36.59	2.4367	6.65
		Control	31.72	27.16	31.43	30.10	2.5536	8.48
	4	Lactato	36.25	41.27	36.30	37.94	2.8809	7.59
		Control	44.53	46.37	45.75	45.55	0.9335	2.04
	5	Lactato	14.37	12.77	14.15	13.76	0.8638	6.27
		Control	27.02	24.48	21.07	24.19	2.9865	12.34

De acuerdo con el análisis estadístico realizado se encontró que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ambos tratamientos y los valores mayores se obtuvieron en el adiconado de lactato de sodio (figuras 22 y 23). De acuerdo con Fernández, (2007), la CRA al momento de la matanza, es elevada y comienza a disminuir progresivamente hasta alcanzar un mínimo cuando se establece el *rigor mortis*, vuelve a aumenta moderadamente durante la maduración, como consecuencia de la degradación enzimática, de la estructura miofibrilar, hasta su transformación en carne.

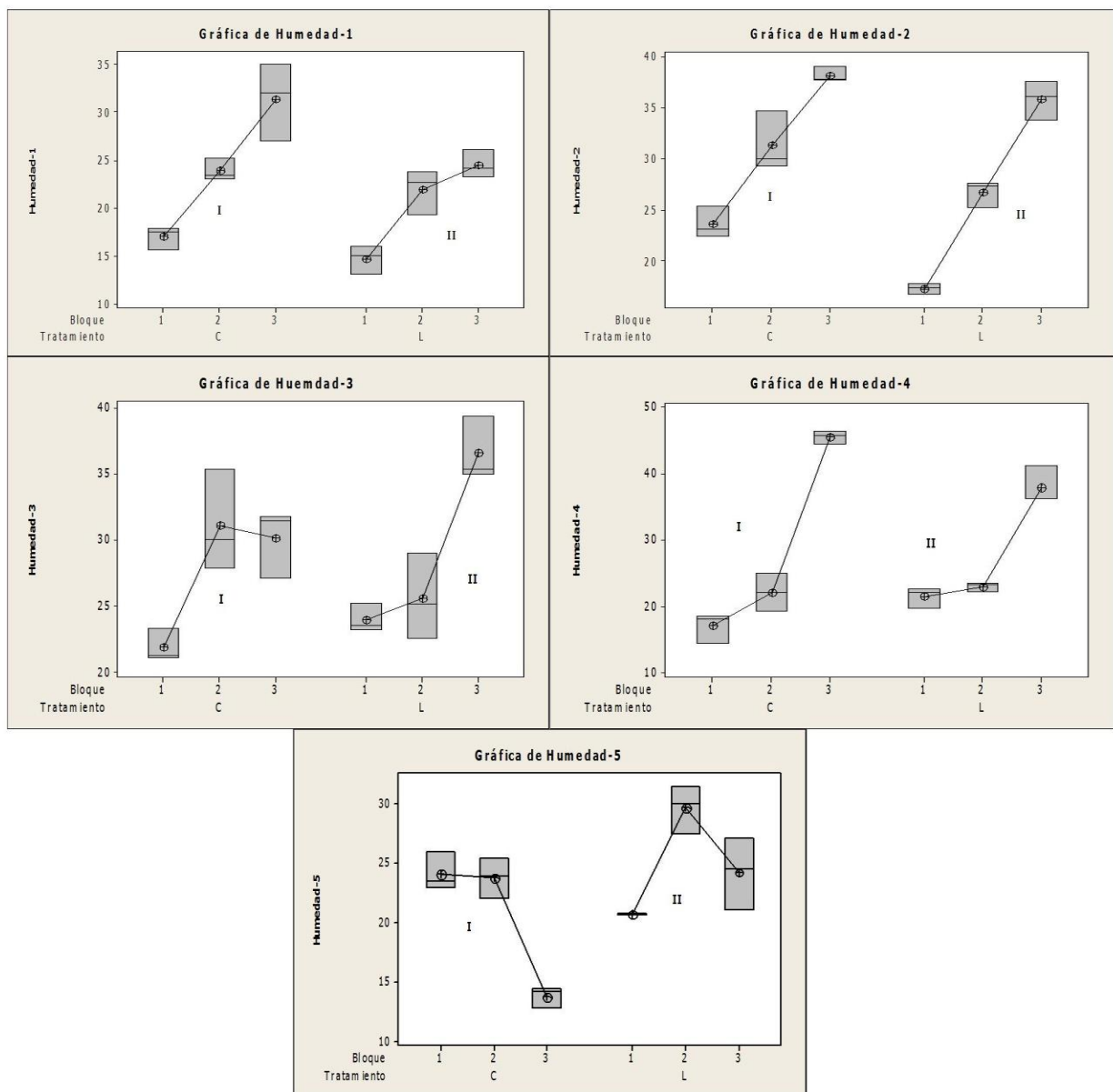


Figura 21 Capacidad de retención de agua obtenida para los diferentes tratamientos (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

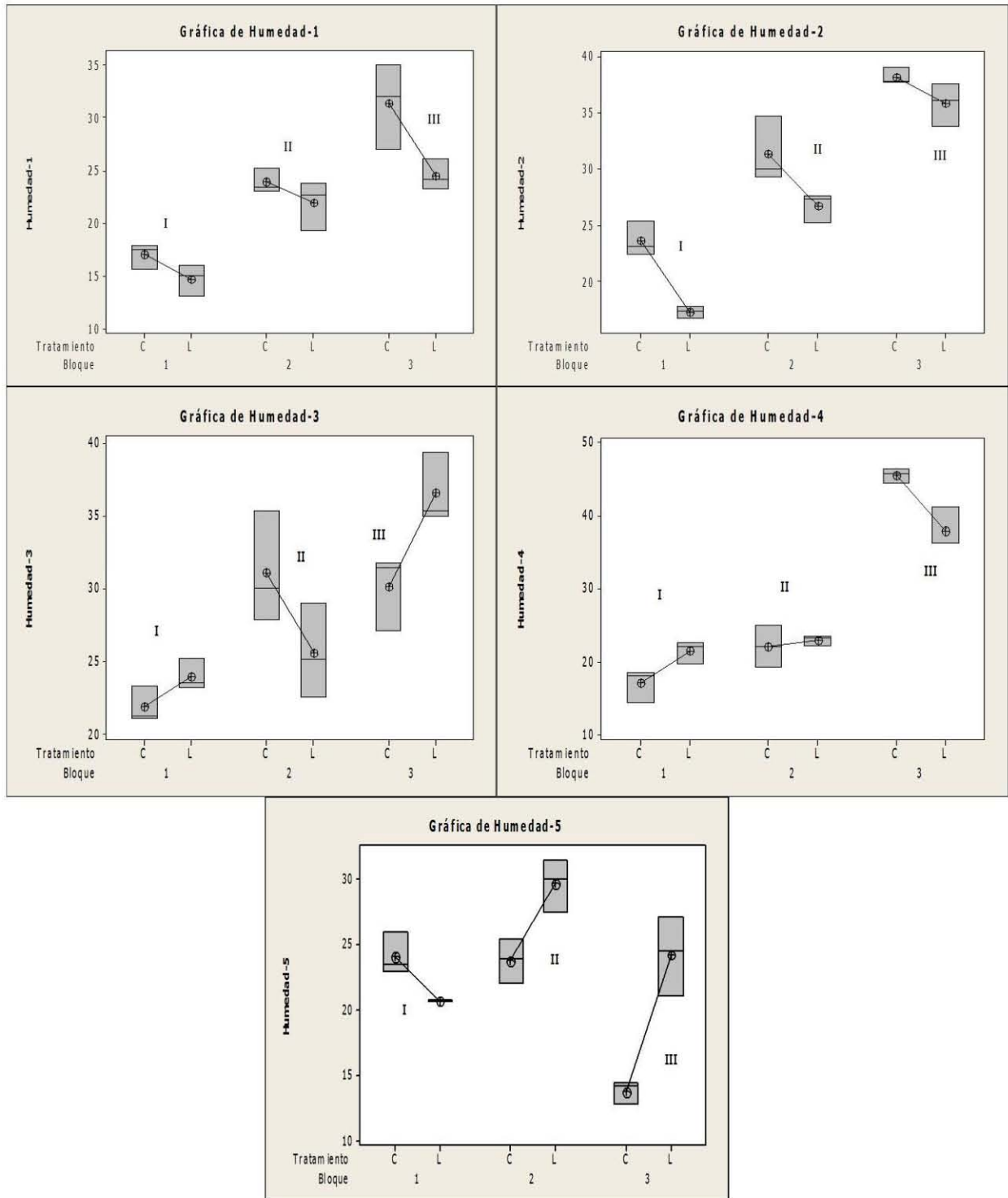


Figura 22 Comparación de los datos obtenidos para CRA para los tratamientos durante su almacenamiento refrigerado (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

3.4 Parámetros de perfil de color

El uso de lactato de sodio llevó al incremento en los valores de *L (Luminosidad) y *b (azul-amarillo) y la reducción de los valores de *a (verde-rojo), con coloraciones café/gris no deseada, estos resultados han sido observados por Smulders, 1998, quienes relacionan el uso de ácido láctico o sus sales con la presencia de colores pardos y grisáceos.

El lactato de sodio induce un aumento en la concentración de nicotin adenín dinucleótido en su forma reducida (NADH), el cual se produce por la reducción de NAD a través de la lactato deshidrogenasa (LDH) en el músculo *post mortem* (Blanco, 2015) y es capaz de oxidar la mioglobina a metamioglobina, esta variación producida por un contacto prolongado con el lactato de sodio, lleva a un color pardo/gris en la carne.

Los resultados de las determinaciones realizadas indican un comportamiento similar para todas las muestras analizadas. En esta investigación se utilizaron bolsas tipo pouch de Sealed Air™, las cuales permiten la difusividad de oxígeno, por lo que este tipo de empaques puede favorecer la oxidación gradual de la mioglobina y su decoloración sin embargo el análisis estadístico demostró que no existe una diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos, y que el color varía con respecto al tiempo de almacenamiento. Sin embargo Shelef, 1994, demostró que la adición del lactato de sodio al 2%, provocó un cambio en el color en canales de cerdo, con una evidente decoloración superficial

3.4.1 Cambio en el color (ΔE)

Finalmente se presentan los resultados del cambio de color (ΔE) en las muestras, en donde se observa que los cambios de color se llevaron a cabo de manera similar en los lotes adicionados o no de lactato de sodio, aunque se presenta un mayor ΔE en las muestras tratadas con lactato de sodio (2%), la adición de lactato de sodio tiene la capacidad de acelerar la oxidación de la mioglobina, observado en un mayor ΔE , sin embargo los resultados no presentaron diferencia significativa ($P<0.05$) (figuras 24 y 25).

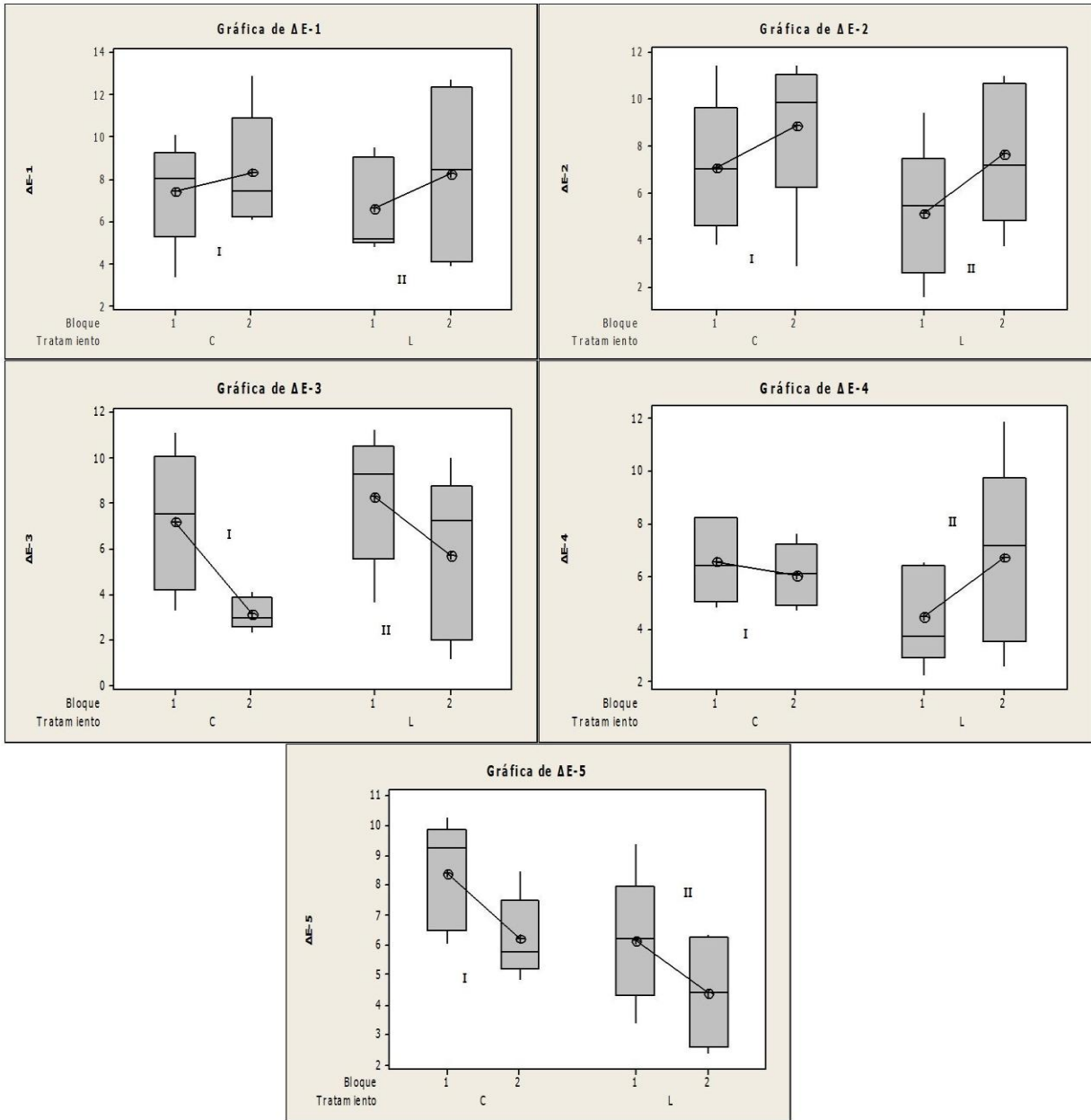


Figura 23 Valores de ΔE obtenidos para las muestras durante su almacenamiento refrigerado (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

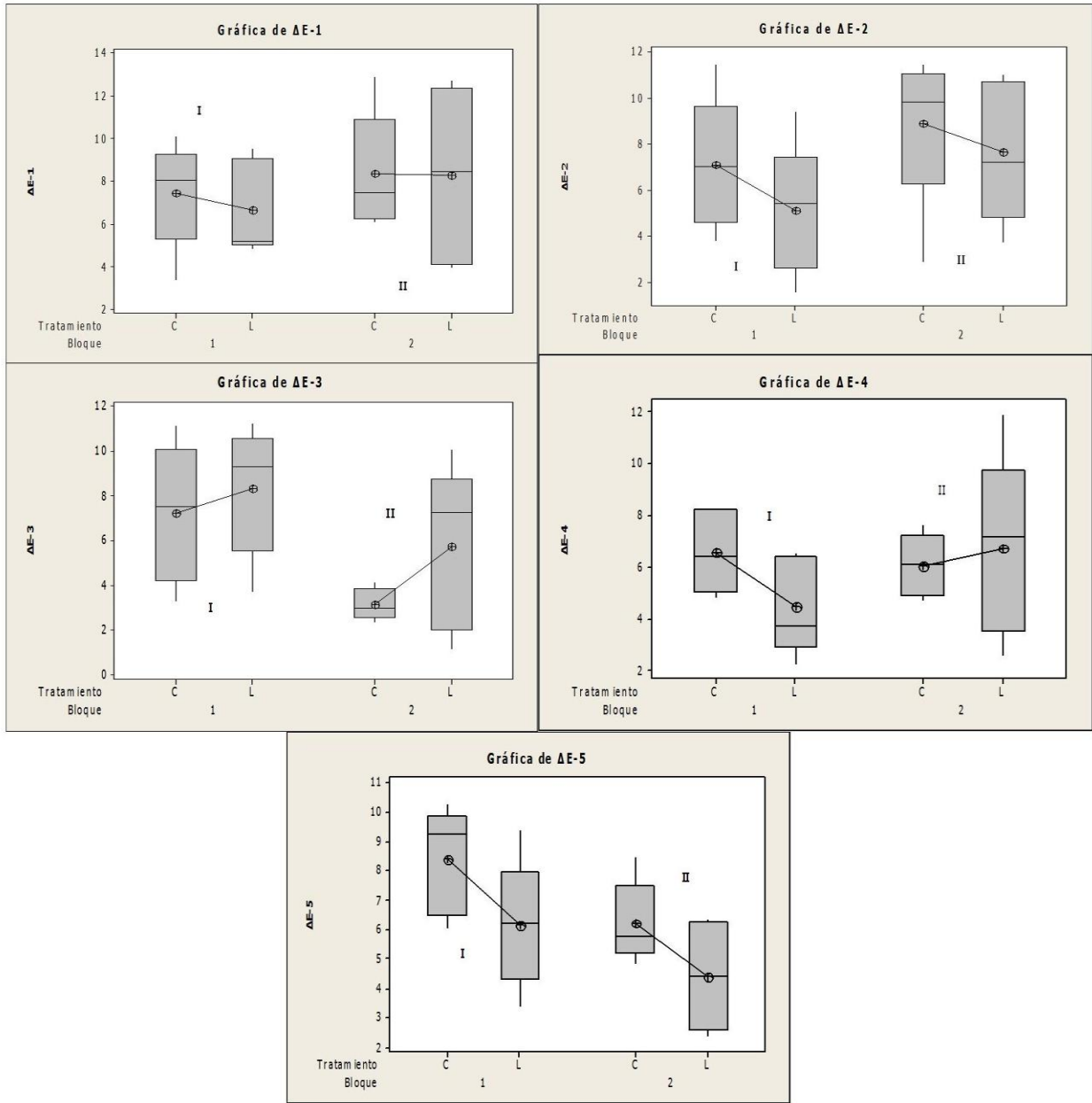


Figura 24 Comparación entre los tratamientos durante el almacenamiento refrigerado en el cambio de color (C=Control, L=Lactato, 1=inicio, 2=día 2, 3=día 6)

Conclusiones

- El pH de la carne de conejo, varió con respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración, al inicio se obtuvieron valores de 6.41 y disminuyeron hasta 5.6, en los lotes adicionados con lactato de sodio, en comparación con los lotes sin adición, en los cuales los valores fueron de 5.9.
- La actividad de agua fue de 0.91, para las muestras tratadas con lactato de sodio y 0.93 para las muestras control, los resultados se repitieron de forma consecuente durante el almacenamiento de la carne, presentando valores menores las muestras tratadas con lactato de sodio, por lo cual queda demostrado que la adición de lactato de sodio tiene un efecto directo benéfico, en la reducción de a_w .
- La CRA alcanzó 31.05% para las muestras tratadas con lactato, comparado con las muestras control, 32.53%.
- El uso de lactato de sodio ocasionó un incremento en los valores de *L (luminosidad) y *b (azul-amarillo) y la reducción de los valores de *a (verde-rojo), con coloraciones café/gris en los lotes adicionados si bien se presenta un cambio en el color de la carne este cambio no es perceptible para el ojo humano.

El efecto de la combinación de barreras que ofrecen la aplicación de la solución de lactato de sodio al 2%, con la refrigeración y el envasado al vacío, como estrategia de conservación, permite observar que la aplicación del lactato de sodio por sí mismo, fue el responsable del efecto positivo en los parámetros analizados, en comparación con el control (sin lactato).

Referencias Bibliográficas

- AMSA. (2012) Meat Color Measurement Guidelines. Illinois.
- Aymerich T., Picouet P. A. & Monfort J. M. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*. **78**, 114-129.
- Badui, S. (2006) Química de los alimentos. Pearson Educación. 4ª ed. Edo. Mex. (México).
- Belcher, J. N. (2006) Industrial packaging developments for the global meat market. *Meat Science*, **74**, 143–148
- Blanco, L. C. M. (2015) Thermal Diffusivities and Influence of Cooking Temperature Combined With Sodium Lactate Addition on Microbiological Characteristics of Rabbit Ham. *Advance Journal of Food Science and Technology*. **4**, 242-249.
- Castellano P., Belfiore C., Fadda S. & Vignolo G. (2008). A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina. *Meat Science*. **78**, 483-499.
- COAG, 2006. Análisis agroganadero. Sector cunícola. http://www.coag.org/rep_ficheros_web/3474eaba3c134f36e9ea3870268f6e98.pdf .
Fecha de acceso: 25 de noviembre de 2015.
- Diez, A. M., Santos, E. M., Jaime, I., & Rovira, J. (2009). Effectiveness of combined preservation methods to extend the shelf life of Morcilla de Burgos. *Meat Science*, **81**, 171–177.
- Estrada, A., González, C., Hernández, M., Romero, J., Sánchez, C., Vargas, B. (2000). Jamón de Conejo. Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa. Facultad de Ciencias básicas y de la salud. México.
- FAO, 2009. Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico.
- Fernández Silva A. E. (2007). Evaluación de los cambios físicos de la carne de bovino congelada-descongelada y almacenada en refrigeración (Tesis de Ingeniería en Alimentos). FESC UNAM, México.

- Fontana, A. J. 2001. Dew-point method for the determination of water activity. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- García D. M. (2009). Evaluación de ácido láctico y ozono como estrategia antimicrobiana sobre canales de bovino procesadas en un rastro tipo inspección federal (Tesis Maestría en Ciencias). UNAM, México.
- Jay, J. M., Loessner, M. J. & Golden, D. A. (2005) *Modern Food Microbiology*, San Marcos: Springer.
- Leister L. (1978). Hurdle effect and energy saving. In *food quality and nutrition*. Ed. Applied Science Publishers, London (Inglaterra).
- Leistner, L. (2000) Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, **55**, 181–186.
- Leistner, L., & Gorris, L. G. M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology*, **6**, 41–46.
- Leister L. & Rödel W., (1976) *The stability of intermediate moisture foods*. Ed. Applied Science Publishers, Londres (Inglaterra)
- Lonergan H. E. & Lonergan M. S. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. **71**, 194–204.
- Lücke, F.-K. (2000) Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*, **56**, 105–115.
- NORMA Mexicana, NMX-FF-078-SCFI-2002, Productos pecuarios - carne de bovino en canal. Clasificación.
- NORMA Mexicana, NMX-FF-105-SCFI-2005, Productos pecuarios. Carne de conejo en canal. Calidad de la carne. Clasificación.
- NORMA Oficial Mexicana, NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.

- NORMA Oficial Mexicana, NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne.
- NORMA Oficial Mexicana, NOM-030-ZOO-1995, Especificaciones y procedimientos para la verificación de carne, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoosanitaria
- NORMA Oficial Mexicana, NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
- NORMA Oficial Mexicana, NOM-194-SSA1-2004, Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.
- Pérez Díaz M. M. (2013). Elementos para la integración de la cadena de carne fresca de res en México a partir de los indicadores de calidad. Planificación para el desarrollo agropecuario. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Aragón, México.
- Regenstein J. M. (2003) Water retention properties of solid foods. Current protocols in food analytical chemistry.
- Rivera, J. (2005) Evaluación del efecto de bioconservación en salamis al adicionar *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 como cultivo iniciador. Tesis Maestría en Microbiología, FESC-UNAM, México.
- Rodríguez C. O. Y. y Sampedro P. S. I. (2011). Efecto de un extracto de semilla de cítricos en la calidad sanitaria de rebanadas de jamón de carne de conejo (Tesis de Ingeniería en Alimentos). FESC UNAM, México.
- SAGARPA, 2003. Programa estratégico para el desarrollo de la cunicultura en México: producción, transformación y comercialización del conejo. Alianza para el campo programa estratégico de investigación, transferencia y adopción de tecnología agroalimentaria <http://www.cofupro.org.mx/Publicacion/Archivos/penit127.pdf> Fecha de acceso: 20 de marzo de 2015.

- SAGARPA, 2012. Subsecretaria de desarrollo rural, Comités sistema-producto. Informe de rendición de cuentas de la administración pública federal.
- Segundo P. M. 2013. Situación de la cunicultura a nivel mundial y en México. www.ancum.com.mx Fecha de acceso: 04 de noviembre de 2014.
- Shelef, L. A. (1994). Antimicrobial effects of lactates: A review. *Journal of Food Protection*, 57, 445–450.
- Smulders, F. J. M. (1998). Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programmes for muscle foods: prospects and controversies. *International Journal of Food Microbiology*, 44, 149–169.
- Tejerina D., García-Torres S. & Cava R., (2012) Water-holding capacity and instrumental texture properties of m. *Longissimus dorsi* and m. *Serratus ventralis* from Iberian pigs as affected by the production system. *Livestock Science*. 148, 46–51.
- Valentino Álvarez J. A. (2008) Evaluación de carne y productos cárnicos de conejos alimentados con diferentes niveles de *Lemna gibba L.* (Tesis de Química de alimentos). Facultad de Química UNAM, México.
- Vergara, H. Molina, A. & Gallego, L. (1999) Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Science* 52, 221-226.
- Warris, P.D. (2003) *Ciencia de la carne*. Ed Acribia, S.A. Zaragoza (España).
- Zhou G. H., Xu X. L. & Liu Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat. A review. *Meat Science*. 86, 119-128.