


**Adición de extracto acuoso de ajo (*Allium sativum*) en dieta de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) sobre productividad, calidad física y microbiológica de la carne**



Dora Luz Pinzón Martínez <sup>a</sup>

María Dolores Mariezcurrena Berasain <sup>a\*</sup>

Héctor Daniel Arzate Serrano <sup>b</sup>

María Antonia Mariezcurrena Berasain <sup>c</sup>

Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem <sup>c</sup>

Alfredo Medina García <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, Edo. de México, México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Toluca, Edo. de México, México.

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Toluca, Edo. de México, México.

\* Autor de correspondencia: nekkane16@hotmail.com

**Resumen:**

El ajo (*Allium sativum*) como antimicrobiano natural ha favorecido el bienestar animal, inocuidad y calidad de la carne. El objetivo de este estudio fue evaluar indicadores productivos, calidad física y microbiológica de la carne de conejos, engordados con la adición de extracto acuoso de ajo (EAA) en la dieta. Se realizó un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos de 28 conejos Nueva Zelanda X Chinchilla (*Oryctolagus cuniculus* X *Chinchilla chinchilla*) cada uno (PV  $1 \pm 0,6$  kg,  $30 \pm 5$  días); grupo testigo (solo alimento),

tratamiento 1 (0.9% EAA) y tratamiento 2 (1.8% EAA) asperjado en el alimento cada tres días. Se determinó, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia, durante cuatro semanas a partir del destete. Se cuantificó en la carne mesófilos aerobios, coliformes fecales, psicrófilos, y se determinó pH y color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), todo ello en *Longissimus dorsi* a los 1, 3, 5, 7 y 9 días de conservación en condiciones de refrigeración. Se realizó un análisis de varianza multivariado ( $P \leq 0,05$ ) para los indicadores productivos, variables físicas y microbiológicas, más una prueba de Tukey 5%. No existieron diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ) sobre los indicadores productivos y sí para psicrófilos y mesófilos aerobios, a lo largo del tiempo de conservación. No se observaron coliformes fecales en ninguna de las muestras. La adición de extracto acuoso de ajo 1.8% mejoró la vida útil al disminuir el contenido de psicrófilos y aumentar dos días la vida de anaquel (total 9 días), sin afectarse indicadores productivos, ni la calidad física de la carne.

**Palabras clave:** *Allium sativum*, Vida útil, Análisis microbiológico, Calidad de carne.

Recibido: 21/10/2017

Aceptado: 26/09/2019

## Introducción

La industria cárnica emplea diversos métodos para retrasar los cambios que deterioran la carne y prolongan así el periodo de aceptabilidad; cambios que se relacionan directamente con la presencia de microorganismos. En la actualidad, se busca la combinación de dos o más factores (físicos, químicos o biológicos, entre otros) que interaccionen aditiva o sinérgicamente, para controlar la población microbiana y evitar la aplicación de un solo factor de conservación en forma severa. Lo que mejora la calidad sensorial y nutricional del alimento y permite la producción de alimentos mínimamente procesados<sup>(1)</sup>. El uso de antimicrobianos no naturales es común en la industria de la carne procesada, sin embargo, actualmente son rechazados por parte de los consumidores por los efectos que pueden causar a la salud. Por lo cual, ha surgido la necesidad de buscar otros antimicrobianos de origen natural<sup>(2)</sup>. El ajo (*Allium sativum*) es un antimicrobiano natural con una amplia gama de propiedades nutraceuticas, debido a su contenido de compuestos sulfurados secundarios, entre ellos la alicina. Igualmente, se ha demostrado los efectos benéficos del extracto de ajo sobre la salud de animales, como es el caso de los conejos y sobre la carne de estos, en la cual puede prolongarse la vida útil y por consiguiente, la seguridad del consumidor<sup>(3-6)</sup>. El deterioro de la carne de conejo en refrigeración se debe a la actividad de enzimas endógenas,

junto con la actividad de microorganismos contaminantes del producto durante el proceso de sacrificio y despiece. Cuando el producto se distribuye en temperaturas de refrigeración, la carne tiene una vida útil entre 6 y 8 días, tal como algunos reportes lo han mencionado<sup>(7-10)</sup>. Otros autores<sup>(11)</sup> marinaron carne de cerdo con jugo de ajo y cebolla para determinar su efecto en la calidad durante el almacenamiento en refrigeración. Sensorialmente, los jugos de ajo y cebolla le proporcionaron a la carne mayor ternura y mejor sabor. Aunque existen trabajos sobre la utilización de extracto de ajo en carnes de diferentes especies, no se ha evaluado la carga microbiana en la carne al adicionar el extracto en la dieta en conejos. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de extracto acuoso de ajo en la dieta de conejos, sobre los indicadores productivos, así como en la calidad física y microbiológica de la carne en carne almacenada.

## **Material y métodos**

### **Material biológico**

Se utilizaron 84 conejos Nueva Zelanda X Chinchilla (*Oryctolagus cuniculus* X *Chinchilla chinchilla*) destetados ( $1.0 \pm 0.6$  kg,  $35 \pm 5$  días) machos y hembras, alojados en el interior de naves con ventilación natural y en clima templado ( $22 \pm 2$  °C), en un sistema modular de jaulas dispuesto en piso con bebederos automáticos tipo tetina y tolvas de alimentación, durante junio-julio 2015.

### **Lugar de estudio**

El estudio se realizó en la granja matriz de Distribuidora de Conejos Nezahualcóyotl (DISCONNEZA), ubicada en el Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México. Se sitúa entre los paralelos  $19^{\circ} 24' 02''$  N y  $99^{\circ} 00' 53''$  O, con una altitud promedio de 2,235 m.s.n.m.

### **Preparación del extracto**

El extracto acuoso de ajo (EAA) se elaboró a partir de una dilución madre de  $0.125$  g/ml<sup>(12)</sup>, para lo cual, los ajos sin cáscara se licuaron durante 5 min (Oster 6630-13) y dicho extracto se filtró dos veces con gasas. El EAA resultante se almacenó en refrigeración a ( $4$  °C) hasta

su uso (7 días)<sup>(13)</sup>. Los animales se dividieron en tres tratamientos; grupo testigo GT (sin EAA añadido), tratamiento 1 T1 (0.9 % EAA) y tratamiento 2 T2 (1.8 % EAA). Los extractos se asperjaron sobre el alimento comercial (Conejo plus Unión Tepexpan; proteína bruta: 16,5%; grasa bruta: 3%; fibra bruta: 15%; cenizas: 9% y humedad: 12%) cada tres días desde el inicio del ensayo. Las dosis seleccionadas corresponden a lo reportado por Mariezcurrena-Berasain<sup>(13)</sup> para la mejor producción de gas y parámetros fermentativos, como mejor energía disponible para la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y energía metabolizable (EM) en el estudio de la producción de gas *in vitro*. Para evaluar los indicadores productivos, los conejos se pesaron semanalmente (báscula digital Dibatec), retirando el alimento 12 h antes, y se registró la ganancia de peso total, junto con la ganancia de peso diario (de forma individual) y consumo de alimento, durante cuatro semanas. Agua y alimento se proporcionaron *ad libitum*.

### Sacrificio

Los conejos fueron restringidos de alimento 24 h para ser sacrificados. Se insensibilizaron por dislocación atlanto-occipital<sup>(14)</sup>, se degollaron y desangraron mediante corte en la yugular y carótida, se evisceraron, mediante un corte en la línea alba para retirar las vísceras abdominales y torácicas. Por último, se cortaron las extremidades y se disminuyó la temperatura de la canal hasta 4 °C. Las canales fueron identificadas y transportadas a temperatura de refrigeración al Laboratorio de Calidad de los Productos Agropecuarios, Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, para los análisis correspondientes (agosto-diciembre 2015).

### Análisis físicos

Se tomó la primera lectura de pH (Hanna Instruments, modelo HI 99163) y color (Minolta Chromameter CR 400, con iluminación D65 y 10° de observador) *in situ* de muestras del músculo *Longissimus dorsi* derecho de las canales a los 45 min *post mortem* (en canal caliente). Los análisis subsecuentes se realizaron en las muestras tomadas del mismo músculo durante los días 1, 3, 5, 7 y 9 en muestras conservadas en bandejas y cubiertas con film, a 4 °C y por duplicado.

## **Análisis microbiológicos**

Se cuantificaron por duplicado las unidades formadoras de colonias (UFC) de coliformes fecales, mesófilos aerobios y psicrófilos a lo largo de la conservación. Para la cuantificación de coliformes fecales utilizó la norma francesa AFNOR-NF-V0860-1996<sup>(15)</sup>, ya que en México no hay Norma Oficial para estos microorganismos<sup>(16)</sup>.

## **Análisis estadístico**

Para los indicadores productivos se realizó un análisis de varianza ( $P \leq 0,05$ ) y al encontrar diferencias significativas, se aplicó una comparación por la prueba de Tukey al 5%. Las variables de estudio fueron los tres tratamientos (GT, T1 y T2) y las variables de respuesta fueron: peso semanal, ganancia de peso semanal y eficiencia de conversión, durante un periodo de cuatro semanas. A los resultados del estudio microbiológico y fisicoquímicos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza multivariado ( $P \leq 0,05$ ) para determinar el efecto de los tratamientos y los días de conservación. Las variables respuesta fueron: UFC de coliformes fecales, mesófilos aerobios, psicrófilos, pH, luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo. Para los valores que presentaron diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey al 5%, mediante el uso de Stat Graphics Centurion XV.I.

## **Resultados y discusión**

### **Indicadores productivos**

Los resultados de las variables productivas se presentan en los Cuadros 1, 2 y 3, en las cuales, se puede observar que no se presentaron diferencias significativas para ninguna de ellas. El efecto del ajo sobre las variables productivas en conejos sigue siendo controversial, algunos autores han reportado que sus compuestos bioactivos tienen un efecto positivo sobre dichos aspectos<sup>(17,18)</sup>. Reportes más recientes se contraponen y presentan que el ajo reduce los niveles plasmáticos de colesterol, la presión sanguínea y la agregación plaquetaria o promueve la respuesta inmune, sin afectar a estas variables, aunque pocas investigaciones citaron buenos resultados productivos cuando éste, se administra junto con otras plantas aromáticas. El presente trabajo concuerda en que no hubo efecto significativo ( $P \geq 0.05$ ) para peso semanal, ganancia de peso semanal, ni en eficiencia de conversión alimenticia. En

pollos de engorda el extracto de ajo se ha reportado como estimulador para la ganancia de peso, en conejos se sugiere que la fisiología digestiva lo condiciona<sup>(19-22)</sup>.

**Cuadro 1: Variable peso de los conejos por semana (kg/PV)**

	Tratamiento			P
	GT	1	2	
Semana 1	1.14±0.02	1.09±0.03	1.03±0.04	0.2617
Semana 2	1.37±0.03	1.3±0.04	1.29±0.05	0.5028
Semana 3	1.59±0.03	1.50±0.04	1.53±0.05	0.1182
Semana 4	1.84±0.04	1.75±0.05	1.81±0.06	0.1721

GT= grupo testigo (sin EAA añadido); tratamiento 1= 0.9 % EAA; tratamiento 2= 1.8 % EAA. EAA= extracto acuoso de ajo.

**Cuadro 2: Variable de ganancia de peso semanal (kg/PV)**

	Tratamiento			P
	GT	1	2	
Semana 1	0.26±0.01	0.25±0.01	0.25±0.01	0.4845
Semana 2	0.23±0.01	0.24±0.01	0.26±0.02	0.3897
Semana 3	0.22±0.01a	0.16±0.0a	0.23±0.01a	0.0050
Semana 4	0.24±0.01	0.25±0.01	0.28±0.01	0.8360
Total	0.96±0.02	0.91±0.02	1.24±0.05	0.1790

GT= grupo testigo (sin EAA añadido); tratamiento 1= 0.9 % EAA; tratamiento 2= 1.8 % EAA. EAA= extracto acuoso de ajo.

a,b,c Medias con diferente letra en una línea indican diferencias estadísticamente significativas.

**Cuadro 3: Variable conversión alimenticia por semana (kg/PV)**

	Tratamiento			P
	GT	1	2	
Semana 1	2.5±0.16	2.76±0.21	4.42±0.49	0.3474
Semana 2	3.15±0.56	3.14±0.73	5.21±1.52	0.9950
Semana 3	2.89±0.73	4.62±0.95	5.28±0.47	0.1541
Semana 4	2.88±0.34	2.96±0.44	3.95±0.72	0.8903
Total	2.84±0.1	3.1±0.13	4.29±0.47	0.1308

GT= grupo testigo (sin EAA añadido); tratamiento 1= 0.9 % EAA; tratamiento 2= 1.8 % EAA. EAA= extracto acuoso de ajo.

En relación a la ganancia de peso semanal, en el Cuadro 2 puede verse que el tratamiento 2 con 1.8% de EAA resultó en una mayor ganancia de peso semanal. Lo anterior concuerda con otras investigaciones<sup>(23,24)</sup> en donde mostraron que la alicina en el ajo promueve el rendimiento de la flora intestinal mejorando así la digestión y la utilización de la energía, lo que conduce a un mejor crecimiento en pollos de engorde.

En relación a la conversión alimenticia (Cuadro 3), después de cuatro semanas, no se mostraron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, se muestra una tendencia en aumentar dicha variable cuando se adiciona una mayor dosis de extracto.

### Análisis físicos y microbiológicos

Después de realizar el análisis de varianza (para día y para tratamiento) se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para mesófilos aerobios y psicrófilos en vida útil. Al encontrar diferencias significativas para estas variables, se aplicó una prueba de Tukey 5% que se presenta en el Cuadro 4.

**Cuadro 4:** Perfil físico y microbiológico durante la vida útil de carne de conejo

	Tratamiento			<i>P</i>	EEM
	GT	1	2		
MA ( $\log_{10}$ UFC/ $\text{cm}^2$ )					
Día 1	1.50x	2.15	2.23	0.092	0.208
Día 3	2.08xy	2.35	2.18	0.675	0.210
Día 5	2.58xy	2.65	2.54	0.960	0.258
Día 7	2.46xy	2.51	2.68	0.642	0.167
Día 9	3.01y	2.99	2.40	0.460	0.371
<i>P</i>	0.009	0.097	0.781		
PSI ( $\log_{10}$ UFC/ $\text{cm}^2$ )					
Día 1	1.57x	1.65x	2.01x	0.348	0.207
Día 3	2.43xy	2.30y	2.77xy	0.255	0.182
Día 5	2.90y	2.85z	2.99y	0.805	0.156
Día 7	2.01xy	2.21y	3.15y	0.064	0.286
Día 9	3.19y	3.40z	3.02y	0.474	0.206
<i>P</i>	0.015	$\leq 0.001$	0.016		
pH					

Día 1	6.64ab	6.26aw	7.01bx	0.0058	0.101
Día 3	6.66	6.49x	6.97x	0.0995	0.101
Día 5	6.86ab	6.55ay	7.01bx	0.0278	0.090
Día 7	6.38a	7.11bz	6.21ay	0.0108	0.147
Día 9	6.64a	7.08bz	6.54az	0.0137	0.937
<i>P</i>	0.469	0.000	0.000		
L*					
Día 1	61.17	59.76	61.38	0.762	1.645
Día 3	58.41	59.76	57.42	0.683	1.842
Día 5	58.11	56.79	56.51	0.680	1.326
Día 7	58.13	57.17	57.55	0.901	1.478
Día 9	58.68	56.94	58.37	0.588	1.218
<i>P</i>	0.789	0.065	0.255		
a*					
Día 1	2.04	1.99	1.25	0.167	0.280
Día 3	1.21	1.63	2.17	0.205	0.330
Día 5	3.75	1.57	2.38	0.422	1.106
Día 7	3.16	1.58	1.805	0.345	0.756
Día 9	2.80	1.73	1.916	0.589	0.752
<i>P</i>	0.582	0.783	0.360		
b*					
Día 1	4.27	3.69	4.17	0.436	0.320
Día 3	3.48	4.46	2.78	0.376	0.784
Día 5	5.10	3.14	4.53	0.349	0.901
Día 7	5.17	3.76	4.14	0.443	0.754
Día 9	5.30	3.71	4.02	0.289	0.683
<i>P</i>	0.599	0.263	0.550		

GT= grupo testigo (sin EAA añadido), tratamiento 1 (0.9 % EAA) y tratamiento 2 (1.8 % EAA). EAA= extracto acuoso de ajo; EEM= error estándar de la media.

MA= mesófilos aerobios; PSI= psicrófilos; L\*= luminosidad; a\*= intensidad rojos; b\*= intensidad amarillos.

a,b,c Medias con diferente letra en una línea indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

x,y,z Medias con diferente letra en la misma columna son diferentes ( $P<0.05$ ).



En mesófilos aerobios se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para los días de exposición únicamente en el GT, donde el día 9 presentó mayor población que el día 1 (Cuadro 4). El rango con el que se inició la vida útil en los tres tratamientos para esta población microbiana fue de 1.50 a 2.23  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup>. Aunque en la Norma Mexicana no se indica un valor de referencia para esta población microbiana en carnes crudas de ninguna especie, se sugiere considerar que la Unión Europea de acuerdo a la European Commissions Directive 2001/471/EC<sup>(19)</sup> reporta valores aceptables menores a 3.50  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup> y no existen reportes para la carne de conejo. Así, en el último día de la vida útil del presente experimento (día 9) todos los tratamientos se encontraron dentro de los límites permisibles aunque no se observaron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) entre ellos. La presencia de mesófilos aerobios se usa como indicador general de higiene y de la población de microorganismos presentes, como estimación de la calidad del manejo y manipulación de la carne, e incluye bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30 °C<sup>(25)</sup>. Otros estudios en carne de conejo sin suplementación en la dieta con antimicrobianos, reportan valores más altos de mesófilos aerobios (5.87  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup>) que exceden el límite permisible a los 7 días de exposición<sup>(26)</sup>. En el presente estudio no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) al final de la vida útil en ésta variable, lo cual sugiere, que el manejo e higiene fue adecuado en los tres tratamientos.

Para el caso de los psicrófilos se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) durante los días de exposición, más no entre tratamientos. El rango que se presentó al inicio de la vida útil fue de 1.57 a 2.01  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup>. En la vida útil, la cinética de crecimiento mostró que el T2 comenzó con una carga mayor (2,01  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup>) en comparación del GT y T1. Sin embargo, en el día 9 de vida útil del T2 el número de UFC (3,02  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup>) en comparación con el GT y T1 (3.19 y 3.40  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup>, respectivamente) fue menor. Por lo que el crecimiento de psicrófilos disminuyó en el T2 (1.8 % EAA), en comparación con el grupo testigo (TG) y la dosis más baja de EAA (T1). Estos microorganismos son importantes para predecir la estabilidad del producto bajo condiciones de refrigeración y se sugiere que el T2 (1.8 % EAA) mostró la mayor estabilidad, aunque no existen normativas para sus límites permisibles en carne de conejo. En mesófilos aerobios y psicrófilos existe problemática para establecer límites máximos permisibles, ya que la carne es un producto que mayoritariamente, antes de ser consumido, pasa por un proceso de cocción, donde se alcanzan altas temperaturas que eliminan dichos microorganismos. En otro trabajo de investigación<sup>(27)</sup> se menciona que el ayuno de 24 h mejora la calidad microbiológica ya que al vaciarse el tracto digestivo, disminuye la presencia de microorganismos no deseables en el canal. No se observó crecimiento de coliformes fecales en ninguno de los tratamientos.

La carga inicial es proporcional a la población final que se alcanzó en una carne durante su vida útil. Las bacterias se reproducen exponencialmente, por lo que una población inicial alta, resultará en menor tiempo para alcanzar los niveles en que la carne se descomponga<sup>(27,28)</sup>. A pesar de no haber diferencias significativas, en otra investigación<sup>(28)</sup>,

al evaluar la capacidad antimicrobiana de extractos de ajo obtenidos por solventes adicionados a medallones de carne picada de cerdo mostraron que todos los extractos inhibían el crecimiento de *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* 0157:H7. De igual forma, en otro trabajo, se investigó el potencial antimicrobiano de algunos compuestos azufrados presentes en el ajo contra el crecimiento microbiano de carne de res. Los resultados mostraron que éstos compuestos inhibieron el crecimiento de cinco cepas inoculadas intencionalmente a la carne (*Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Campylobacter jejuni*)<sup>(29)</sup>. Así el crecimiento microbiano se comportó semejante a otros resultados<sup>(28,29)</sup>, con ajo fresco y en polvo adicionado directamente a carne de camello y que también reportaron un retardo en crecimiento microbiano en la conservación de la misma. Otros estudios han probado la efectividad de extractos de ajo en la conservación de canales de aves frescas almacenadas en refrigeración y han obtenido una reducción significativa en la contaminación microbiana, inhibido el crecimiento de microorganismos mesófilos y reducido el crecimiento de coliformes totales y fecales<sup>(30)</sup>, que concuerdan con la inhibición de coliformes fecales en este estudio. Por otro lado, se ha reportado que soluciones acuosas de ajo sobre rebanadas de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) almacenadas a 4 °C, mostraron una mejora en la calidad microbiológica, al inhibirse las bacterias psicrotróficas y bacterias lácticas, entre otras, durante al menos 15 días<sup>(31)</sup>. La alicina del ajo se ha reportado exitosamente como antioxidante y antimicrobiano para incursionarse dichos beneficios en la vida útil de la carne de conejo, mediante la prevención o disminución de la oxidación de lípidos y proteínas. Aunque más estudios se requieren, el presente trabajo propone factible el prolongar la vida útil, bajo las condiciones ensayadas, semejante a otros trabajos con tomillo (*Thymus vulgaris*), ácido láctico o zumaque (*Rhus coriaria* L.) para la carne de esta especie. Ya que la presencia de la alicina en la canal puede haber aminorado el crecimiento de los microorganismos que contaminan la carne durante el despiece<sup>(21,32)</sup>.

Para la variable de pH, tanto en tratamientos como en vida útil, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). El rango fue de 6.26 a 7.01 entre tratamientos al inicio de la vida de útil. Al finalizar ésta (día 9), se presentó un rango de 6.54 a 7.08 entre los tratamientos. El pH del músculo de animales sanos es de alrededor de 7.04 y 7.30, alcanzando valores de 5,50 a 5,70 a las 24 h *post mortem*<sup>(33,34,35)</sup>. Los presentes resultados correspondientes al día 9 se encontraron ligeramente elevados otros valores reportados<sup>(34)</sup> (pH 6.0); sin embargo, los autores reportan solamente con un día de vida de útil. Por lo que nuevamente se sugiere que la ligera alcalinización presentada ofrezca una presunta mejora en la vida útil. El valor de pH se ve afectado por el contenido en glucógeno del músculo y el cual, a su vez, por el estrés previo al sacrificio. Como se muestra en el Cuadro 4, los valores de pH fueron elevados durante la vida útil, lo que concuerda con otros reportes que sugieren que concentraciones bajas de glucógeno elevan el pH, siendo más susceptible la carne a la alteración microbiológica por una utilización temprana de aminoácidos<sup>(36,37)</sup>. Sin embargo, en el presente estudio el glucógeno no fue evaluado para determinar si fue la causa del no descenso

del pH, siendo un área de oportunidad para futuras investigaciones. Como en otros alimentos proteicos mantenidos en refrigeración y en aerobiosis, el pH de la carne de conejo aumenta a medida que el almacenamiento progresa debido a la actividad bacteriana<sup>(38)</sup>. Lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación, donde los valores del pH presentaron un incremento conforme a la evolución de la vida útil, en los tres tratamientos analizados.

Para las variables luminosidad, intensidad de rojo e intensidad de amarillo, no existieron diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ) entre tratamientos ni en vida de útil (Cuadro 4). Los valores obtenidos oscilaron para  $L^*$  en el primer día de vida útil, desde 59.76 hasta 61.38 y para el día 9, desde 56.94 a 58.68. Así, en el día 9, los valores se encontraron ligeramente por debajo de otras evaluaciones en carne de conejo que mencionaron un valor para la luminosidad de 59.48<sup>(39,40)</sup>. En cuanto a otros reportes, los presentes valores se localizaron ligeramente por encima de los reportados con 54.9<sup>(41)</sup>. En el caso de  $a^*$ , el rango de los presentes reportes se encontró entre 1.21 y 3.75 que se asemejan a los indicados por los autores ya mencionados (2.49 y 2.84, respectivamente). En el caso de  $b^*$ , la carne de la presente investigación presentó ligeros tonos más amarillos, ya que los valores de esta variable oscilaron entre 2.78 y 5.17, que concuerdan con otros valores de 4.3<sup>(41)</sup>. Finalmente, el color no se vio afectado por los tratamientos, lo que sugiere que la calidad de la carne tratada con extracto acuoso de ajo pueda no causar cambios en la decisión de compra del consumidor.

## Conclusiones e implicaciones

La adición del extracto acuoso de ajo en la dieta de conejos tuvo un efecto principalmente en vida útil, ya que se aumentó la calidad microbiológica de la carne, al disminuir la cuenta de psicrófilos, y como consecuencia se obtuvo una mejora en la vida útil de dos días (Total de 9 días), sin tener efecto sobre los indicadores productivos ni la calidad física de la carne (pH y color).

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT) por el apoyo brindado a lo largo del programa de maestría. Al financiamiento otorgado a través del Fondo Desarrollo de Capacidades en Ciencia de la Carne y Caracterización del Valor Nutritivo de las Carnes Comercializadas en México y Uruguay, así como al PCARN (Programa de

Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en el Área Académica de Alimentos y Tecnología Agroindustrial) de la Universidad Autónoma del Estado de México, en el cual Daniel Arzate Serrano obtuvo el Grado de Maestro. Publicación financiada con recursos PFCE2016.

## Literatura citada:

1. González-Miguel ME, López-Malo A. Frutas conservadas por métodos combinados. *Temas Selec Ing Alim* 2010;4-2: 58-67. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TSIA-4\(2\)-Gonzalez-Miguel-et-al-2010.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TSIA-4(2)-Gonzalez-Miguel-et-al-2010.pdf). Consultado 30 Mar, 2019.
2. Hernández P. Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat. *Meat Quality and Safety*. 9° Word Rabbit Congress. Spain. 2008:1287-1300.
3. Briens C, Arturo-Schaan M, Grenet L, Robert F. Effect of plant extracts on antioxidant status of fattening rabbits. *Proc. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole*. France. 2005:217-220.
4. López T. El ajo propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm: Farmacia y Soc* 2007;(26):8-81.
5. Goulas AE, Kontominas MG. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chem* 2007;(100):287-296.
6. Cardinali R, Cullere M, Dal-Bosco A, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, *et al.* Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livest Sci* 2015;(175):83-89.
7. Badr HM. Use of irradiation to control foodborne pathogens and extend the refrigerated market life of rabbit meat. *Meat Sci* 2004;(67):541-548.
8. Rodríguez JM, García ML, Santos JA, Otero A. Development of the aerobic spoilage flora of chilled rabbit meat. *Meat Sci* 2005;(70):389-394.
9. Nakyinsige K, Sazili AQ, Aghwan ZA, Zulkifli I, Goh YM, Abu-Bakar F *et al.* Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. *Meat Sci* 2015;(108):125-31.
10. Pereira M, Malfeito-Ferreira M. A simple method to evaluate the shelf life of refrigerated rabbit meat. *Food Control* 2015;(49):70-74.

11. Kim YJ, Jin SK, Park WY, Kim BW, Joo ST, Yang HS. The effect of garlic or onion marinade on the lipid oxidation and meat quality of pork during cold storage. *J Food Qual* 2010;(33):171-185.
12. Salem AZM, Ryena AC, Elghandour MMY, Camacho LM, Kholif AE, Salazar MC, *et al.* Influence of *Salix babylonica* extract in combination or not with increasing levels of minerals mixture on *in vitro* rumen gas production kinetics of a total mixed ration. *Ital J Anim Sci* 2014;(13):873-879.
13. Mariezcurrena-Berasain MD, Mariezcurrena-Berasain MA, Pinzón-Martínez DL, Arzate-Serrano HD, Ugbogu EA, Salem AZM. Influence of dietary supplementation of garlic (*Allium sativum* L.) extract on cecal productions of total gas, carbon dioxide and fermentation profiles in rabbits. *Agroforest Syst* 2018;(1):1-9.
14. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Norma Oficial Mexicana, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. México, D.F., Diario Oficial de la Federación. 2014.
15. AFNOR. Microbiology of food and animal feedings stuffs. Enumeration of thermotolerant coliforms by colony-count technique at 44 °C, routine method. Association Française de Normalisation, Paris, France. 1996.
16. NOM-092-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México, DF. Diario Oficial de la Federación. 1994.
17. Carreño WH, López LC. Extracto de ajo como alternativa a los promotores de crecimiento en pollos de engorde. *Conexión Agrop JDC* 2012;(2):35-43.
18. Ortserga DD, Andyar AC, Anthony TI. Growth performance of growing rabbits fed graded levels of garlic (*Allium sativum*). *Proc 33<sup>rd</sup> Ann Conf Nigerian Soc Anim Protein.* Nigeria. 2008:189-191.
19. Ademola SG, Farinu GO, Adelowo OO, Fadade MO, Babatunde GM. Growth performance antimicrobial activity of garlic and ginger mixture fed to broiler. *Proc Nigerian Soc Anim Prod.* Nigeria. 2005:71-74.
20. Alagawany M, Ashour EA, Reda FM. Effect of dietary supplementation of garlic (*Allium sativum*) and turmeric (*Curcuma longa*) on growth performance, carcass traits, blood profile and oxidative status in growing rabbits. *Ann Anim Sci* 2016;(16):489-505.
21. Dalle AZ, Celia C, Szendrő Z. Herbs and spices inclusion as feed stuff for additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Sci* 2016;(189): 82–90.

22. Hossain MJ, Kamruzzaman M, Akbar MA, Haque MA. Feeding garlic powder on growth performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of rabbit. *Int J Nat Soc Sci* 2015;2(5):74-81.
23. European Commission. Commission Regulation Directive of 8 June 2001 laying down rules for the regular checks on the general hygiene carried out by the operators in establishments according directive 64/433/EEC on health conditions for the productions and marketing of fresh meat and directive 71/118/EEC on health problems affecting the production and placing on the market of fresh poultry meat, 471/20001/EEC. Spain. 2001:48-53.
24. López H, Braña VD, Hernández HI. 2013. Estimación de la Vida útil de la Carne. SAGARPA/CONACYT/COFUPRO/INIFAP/UAM/SNITT. SAGARPA 2013;1: 77. <http://www.anetif.org/files/pages/0000000034/21-estimacion-de-la-vida-de-anaquel-de-la-carne.pdf>. Consultado 27 Feb, 2019.
25. Ponce AE, Braña VD, López HL, Delgado SE. Aspectos microbiológicos como indicadores de frescura de la carne. Evaluación de la frescura de la carne. *INIFAP* 2013;(1):10-23.
26. Rodríguez-Calleja JM, Santos JA, Otero A, García-López ML. Microbiological quality of rabbit meat. *J Food Protec* 2004;(67):966-971.
27. Margüenda I, Martín NN, Rebollar PG, Robinson MV, Fernández LS, Machota SV, *et al.* Bleeding efficiency and meat oxidative stability and microbiological quality of New Zealand White rabbits subjected to halal slaughter without stunning and gas stun-killing. *Asian Australas J Anim Sci* 2014;(27):406-413.
28. Zwietering MH, Jongenburger I, Rombouts FM, Van't RK. Modeling of the bacterial growth curve. *Appl Environ Microb* 1990;(56):1875-1881.
29. Zwietering MH, De Koos JT, Hasenack BE, Wit JC, Van't K. Modeling of bacterial growth as a function of temperature. *Appl Environ Microb* 1991;(57):109-110.
30. Park SY, Chin KB. Evaluation of pre-heating and extraction solvents in antioxidant and antimicrobial activities of garlic, and their application in fresh pork patties. *International J Food Sci Tech* 2010;(45):365-373.
31. Yin MC, Cheng WS. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. *Meat Sci* 2003;(63):23-28.
32. Gheisari HR, Ranjbar VR. Antioxidative and antimicrobial effects of garlic in ground camel meat. *Turk J Vet Anim Sci* 2012;(36):13-20.

33. De Moura KA, Santos-Mendonça RC, De Miranda LA, Dantas MC. Aqueous garlic extract and microbiological quality of refrigerated poultry meat. *J Food Process Pres* 2005;(29):98-108.
34. Pacheco JV, Tomé E, Guerra M, Raybaudi R. Efecto antioxidante y antimicrobiano de sales de ácidos orgánicos y extractos naturales en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) refrigerados. *Rev Venez Cien y Tec Alim* 2011;2(1):016-040.
35. Albarracín W, Sánchez I. Caracterización del sacrificio de corderos de pelo a partir de cruces con razas criollas colombianas. *Revista MVZ Córdoba* 2013;(18): 3370-3378.
36. SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Manual de análisis de calidad en muestras de carne. México. 2001.
37. Garrido MD, Bañón S, Álvarez D. Medida del pH. En Cañeque V, Sañudo C, editores. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Cádiz, España: INIA; 2005.
38. Dainty RH, Mackey BM. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. *J Appl Bacteriol* 1992;(73):103-114.
39. Nychas JE, Drosinos EH, Board RG. Chemical changes in stored meat. In: Davies A, Board R. *The microbiology of meat and poultry*. Blackie Acad Prof 1998;1:288-326. <https://es.scribd.com/doc/88599812/Microbiology-of-Meat-and-Poultry>. Accessed Feb 24, 2019.
40. Liste G, María GA, Villarroel M, López M, Olleta JL, Sañudo C, *et al*. Efecto del transporte sobre la calidad de la carne y el bienestar del animal en conejos comerciales durante la estación cálida en Aragón. XXIX Symposium de Cunicultura. Ciudad de México:2004:62-68.
41. Ramírez J. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento [tesis doctoral]. Centro de Tecnología de la Carne. Barcelona, España: Universidad de Barcelona; 2004.