

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i13.5420>

Artículo



## El aceite esencial y bagazo de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) afectan el comportamiento productivo y la calidad de la carne de conejo



Jesica Leticia Aquino-López <sup>a</sup>

América Chávez-Martínez <sup>a</sup>

José Arturo García-Macías <sup>a</sup>

Gerardo Méndez-Zamora <sup>b</sup>

Ana Luisa Rentería-Monterrubio <sup>a\*</sup>

Antonella Dalle-Zotte <sup>c</sup>

Luis Raúl García-Flores <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología, Km. 1. Periférico Francisco R. Almada, Chihuahua, Chih. México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. General Escobedo, Nuevo León, México.

<sup>c</sup> Universidad de Padua. Departamento de Medicina, Producción y Salud Animal. Legnaro, Italia.

\* Autor de correspondencia: [arenteria@uach.mx](mailto:arenteria@uach.mx)

### Resumen:

Se evaluó el efecto del aceite esencial de orégano (AEO) y bagazo de orégano (BO) incorporados en la dieta sobre los parámetros productivos, variables de sacrificio y calidad de la carne de conejos. Un total de 100 conejos (30 d de edad) fueron distribuidos en seis tratamientos T1: control, T2: 0.25 g/kg de AEO, T3: 0.40 g/kg de AEO, T4: 20% de BO, T5: 0.25 g/kg de AEO + 20% de BO y T6: 0.40 g / kg de AE + 20% de BO. El mayor peso vivo

fue el T6 ( $P<0.0001$ ). En 37, 44 y 51 días, T3 presentó el menor consumo de alimento ( $P=0.0089$ ) y T6 tuvo la mejor ganancia de peso ( $P=0.0172$ ). La conversión alimenticia fue mejor ( $P=0.0138$ ) en T5 a los 37 días. El rendimiento de la canal fría y lomo fue más alto en T2, T4 y T5 ( $P<0.001$ ). El pH incrementó ( $P=0.0190$ ) en 10 días *post mortem* para T1, T4, T5 y T6. La capacidad de retención de agua fue mayor ( $P=0.0500$ ) en T2, T4 y T6;  $a^*$  aumentó ( $P<0.0004$ ) en el día 10 *post mortem*, y  $b^*$  fue menor ( $P<0.0430$ ) en T2 a 24 h y 10 días *post mortem*. En conclusión, 0.25 y 0.40 g/kg de AEO con 20% de BO influyeron positivamente en el comportamiento productivo, variables de sacrificio, características de la canal y calidad de la carne de conejo.

**Palabras clave:** Aceite esencial, Comportamiento productivo, Sacrificio, Canal, Carne, Color.

Recibido: 21/06/2019

Aceptado: 28/08/2019

## Introducción

La carne de conejo destaca por sus características y propiedades nutricionales, siendo una carne magra, baja en grasa (60 % del total de los ácidos grasos son insaturados), rica en minerales (potasio, fósforo y magnesio), proteínas y aminoácidos de alto valor biológico, baja en colesterol y sodio<sup>(1-4)</sup>. El orégano es una planta aromática que posee timol y carvacrol en su aceite esencial (AEO), los cuales le confieren un efecto antioxidante y antimicrobiano<sup>(5,6)</sup>. Al extraer el aceite esencial del orégano se obtiene un residuo llamado bagazo de orégano (BO), que es rico en flavonoides, con actividad antioxidante y antimicrobiana<sup>(7,8)</sup>. En la industria del orégano el producto de comercialización es el aceite esencial, y el bagazo es considerado un desecho<sup>(9)</sup>. El orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) es una especie caracterizada por un fuerte olor y alto rendimiento de aceites esenciales<sup>(10)</sup>, características atribuidas al alto contenido de carvacrol que superan al *Origanum vulgare*<sup>(11)</sup>. Los principales compuestos químicos del género *Lippia* son carvacrol, timol, cimeno, pineno y linalol. Estos componentes le proporcionan actividad antibacteriana, antioxidante, antiviral, anti-fúngico e insecticida<sup>(12)</sup>.

El AEO se ha utilizado en la producción y engorda de conejos<sup>(13,14,15,16)</sup>, así como otros extractos de plantas y aceites esenciales. Sin embargo, el efecto del BO no ha sido reportado en el comportamiento productivo y calidad de la carne de conejo. Inclusive, el efecto de

aceites esenciales en la productividad de los conejos es controversial y aún está en investigación.

El conejo es capaz de aprovechar una amplia variedad de ingredientes en su dieta debido a su fisiología digestiva<sup>(17,18)</sup>, lo que permite incluir diferentes ingredientes en su dieta con el fin de mejorar las características productivas y modificar las características de la carne<sup>(13,19)</sup>.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del aceite esencial y del bagazo de orégano sobre los parámetros productivos y calidad de la carne de conejos.

## Material y métodos

### Crianza y tratamientos

Se utilizaron 100 conejos mestizos de ambos sexos (44 hembras y 56 machos) de  $30 \pm 2$  días de edad y peso inicial de  $0.778 \pm 0.190$  kg. Los conejos se distribuyeron aleatoriamente en seis tratamientos; T1: control (n=18), T2: 0.25 g/kg de AEO (n=14), T3: 0.40 g/kg de AEO (n=16), T4: 20% de BO (n=16), T5: 0.25 g/kg de AEO + 20% de BO (n=18) y T6: 0.40 g/kg de AE + 20% de BO (n=18). El AEO se extrajo de las hojas del orégano por arrastre con vapor de agua de acuerdo al protocolo del Centro de Investigación Biológica del Noroeste de México<sup>(20)</sup>. El bagazo tuvo la siguiente composición porcentual: proteína cruda  $11.57 \pm 0.29$ , extracto etéreo  $1.79 \pm 0.18$ , fibra  $14.05 \pm 1.30$ , cenizas  $6.31 \pm 0.25$  y materia seca  $93.68 \pm 0.25$ .

La unidad experimental (UE) consistió en dos conejos del mismo sexo por jaula; T1 (9 repeticiones) 4 UE hembras y 5 UE machos, T2 (7 repeticiones) 3 UE hembras y 4 UE machos, T3 (8 repeticiones) 3 UE hembras y 5 UE machos, T4 (8 repeticiones) 4 UE hembras y 4 UE machos, T5 (9 repeticiones) 5 UE hembras y 4 UE machos y T6 (9 repeticiones) 3 UE hembras y 6 UE machos. Los conejos se alojaron en jaulas de alambre (45 x 60 x 40 cm) durante 42 días en un ambiente con 16 h de luz y 8 h de oscuridad y se les ofreció agua y alimento (Cuadro 1) *ad libitum*. El cuidado y manejo de los conejos durante la investigación fue de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO<sup>(21)</sup>.

**Cuadro1:** Raciones alimenticias experimentales suplementadas a conejos

Trat.	Ingredientes (%)										AEO (g/kg)	BO (%)
	M	PS	ST	VyM	CC	FD	Sal	ME	LI	AV		
T1	74.10	19.50	2.60	0.60	2.20	1.00	0.50	0.40	0.00	16.00	0.00	0.00
T2	73.40	19.50	2.65	0.60	1.09	1.06	0.53	0.19	0.00	0.80	0.250	0.00
T3	73.10	19.80	2.65	0.60	1.09	1.06	0.53	0.19	0.00	0.80	0.400	0.00
T4	46.20	20.90	0.00	0.60	2.21	2.15	1.08	0.30	0.50	5.90	0.000	20.00
T5	45.71	21.12	0.00	0.50	2.23	2.23	1.09	0.30	0.50	5.90	0.250	20.00
T6	45.42	21.19	0.00	0.50	2.24	2.18	1.09	0.30	0.50	6.00	0.400	20.00

T1: control (n=18), T2: 0.25 g / kg de AEO (n=14), T3: 0.40 g / kg de AEO (n=16), T4: 20% de BO (n=16), T5: 0.25 g / kg de AEO + 20% de BO (n=18) y T6: 0.40 g / kg de AE + 20% de BO (n=18).

M= maíz; PS= pasta de soya; ST= salvado de trigo; VyM= premezcla de vitaminas y minerales; CC= carbonato de calcio; FD= fosfato dicálcico; ME= metionina; LI= lisina; AV= aceite vegetal; AEO= aceite esencial de orégano; BO= bagazo de orégano.

### Comportamiento productivo

El peso inicial (PI, kg) de cada conejo fue medido al inicio del experimento. Las variables estudiadas fueron peso del conejo (PC, kg), y consumo de alimento (CAL, kg) a los 37, 44, 51, 58, 65 y 72 días de engorda. Los datos obtenidos se utilizaron para estimar la ganancia de peso diaria por semana [GPS; (PCfinal – PCinicial - PI) / días] y la conversión alimenticia (CA; CAL / PC) como consumo de alimento en función del peso de los conejos.

### Sacrificio, despiece de la canal y muestreo de carne

Finalizado el periodo de engorda, los conejos se identificaron y fueron transportados al Complejo de Ciencias de la Carne de la Universidad para su sacrificio de acuerdo a los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO<sup>(22)</sup> y Simonová *et al*<sup>(23)</sup>. El tiempo de transporte fue menor a 10 min. Los conejos no recibieron tiempo de ayuno para el sacrificio. Los conejos se insensibilizaron por medio de dislocación de la articulación atlanto-occipital, e inmediatamente se colgaron en ganchos de sacrificio por las patas traseras en la línea de proceso, y rápidamente desangrados por un corte en el cuello (vena yugular y arteria carótida) durante 3 min. Después, las patas delanteras, cabeza, piel con cola se separaron cuidadosamente; enseguida, la evisceración fue realizada, las patas traseras fueron separadas y la canal fue lavada. Finalmente, las canales se escurrieron durante 5 min y almacenadas a 4 ± 1.0 °C por 24 h. Durante este proceso, se registró el peso al sacrificio (PS), el peso de sangre, piel con cola, patas delanteras y traseras, cabeza, vísceras y el peso de la canal caliente (n= 100); así, estos pesos fueron expresados en porcentaje del PS,

considerándolos como variables de sacrificio: sangre, piel, cabeza, patas, vísceras y rendimiento de canal caliente (RCC). El peso de la canal fría se tomó 24 h *post mortem* para determinar el rendimiento de la canal fría (RCF). El promedio de peso al sacrificio fue de  $1.86 \pm 0.44$  kg.

Los cortes primarios (despiece: lomo, piernas, brazos y costillar) de las canales obtenidas (n=100) se realizaron de acuerdo al criterio de armonización descrito por Blasco y Ouhayoub<sup>(24)</sup>. Los pesos de las piezas se expresaron en función del PC. La canal considerada estaba desprovista de cabeza, hígado, riñones y órganos torácicos. Finalmente, los músculos *Longissimus lumborum* fueron separados y almacenados ( $4 \pm 1.0$  °C) hasta su evaluación de la calidad de la carne.

### Propiedades fisicoquímicas de la carne

La evaluación fisicoquímica de la carne se realizó por triplicado en el músculo *Longissimus lumborum*, a las 24 h y 10 días *post mortem*. El pH se midió con un potenciómetro con un electrodo de punción (Sentron Integrated Sensor® Technology, Modelo 101), estos valores se convirtieron a antilogaritmo para su análisis. La capacidad de retención de agua (CRA) se determinó de acuerdo a la técnica descrita por Owen *et al*<sup>(25)</sup>; 0.3 g de carne se compactaron bajo un peso de 5 kg por 10 min, la CRA se calculó a partir de la diferencia de peso antes y después de la presión expresada en porcentaje. El color se evaluó utilizando el sistema CIE Lab<sup>(26)</sup>, L\* (luminosidad), a\* (tendencia al color rojo) y b\* (tendencia al color amarillo) con un espectrofotómetro (Konica Minolta®, Tokyo, Japón; CIE Standard Illuminant/Observer: D65/10).

### Análisis estadístico

Los datos del comportamiento productivo se analizaron con la instrucción PROC MIXED<sup>(27)</sup> y se utilizó como covariable el peso inicial de los conejos. Las variables sacrificio, despiece y calidad de la carne (24 h y 10 d) se analizaron usando el modelo lineal general<sup>(27)</sup>. Cuando existió diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos, las medias de las variables fueron analizadas con la prueba estadística Tukey.

### Resultados y discusión

El Cuadro 2 muestra el comportamiento productivo de conejos suplementados con aceite esencial y bagazo de orégano mexicano. Los conejos suplementados con BO tuvieron los pesos más altos. A los 37 días de edad ( $P < 0.0001$ ), los conejos del T4 presentaron el peso más alto (1.12 kg), mientras los conejos de la dieta control (T1) tuvieron los menores pesos (0.90 kg). A los 44, 51, 58, 65 y 72 d de edad ( $P < 0.0001$ ), los pesos vivos más altos estuvieron

en el T6 (1.38, 1.51, 1.79, 1.88 y 2.08 kg) y los más bajos en el T3 (1.03, 1.08, 1.32, 1.57 y 1.67 kg). Los resultados obtenidos a los 37 días de edad podría asociarse a que el periodo de adaptación de la flora intestinal de los conejos con el orégano aún continuaba<sup>(28)</sup>, por lo que una dosis menor y la actividad biológica del BO dieron lugar a mejores pesos. Lo anterior se puede confirmar con los resultados de los periodos posteriores, donde los mayores pesos se presentaron en los conejos suplementados con 400 ppm de AEO + BO; en esta etapa los conejos ya estaban adaptados a la dosis de AEO y la actividad biológica de éste aunado al BO se expresó positivamente. Abdel-Khalek<sup>(29)</sup> indicó que la suplementación de conejos con antioxidantes como acetato de alfa tocoferol y vitamina C tiene un efecto positivo en los parámetros productivos. Por otro lado, el aporte de fibra del BO, pudo contribuir al equilibrio de la flora intestinal impactando positivamente en la eficiencia alimenticia<sup>(30)</sup>. El T1 y los tratamientos con aceite esencial (T2 y T3) se comportaron de manera similar ( $P=0.9403$ ). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cardinali *et al*<sup>(15)</sup>, quienes no encontraron diferencia en el peso vivo al adicionar aceites esenciales en la dieta de conejos.

**Cuadro 2:** Comportamiento productivo de conejos suplementados con aceite esencial y bagazo de orégano (medias de cuadrados mínimos  $\pm$  error estándar)

Variable/ Días edad	Tratamientos						P- value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Peso vivo (kg)							
37	0.90 $\pm$ 0.08 <sup>bc</sup>	0.92 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	0.94 $\pm$ 0.08 <sup>bc</sup>	1.12 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.10 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.09 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	< 0.0001
44	1.07 $\pm$ 0.08 <sup>abc</sup>	1.07 $\pm$ 0.08 <sup>bc</sup>	1.03 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	1.31 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.33 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.38 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	< 0.0001
51	1.16 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>	1.21 $\pm$ 0.08 <sup>bc</sup>	1.08 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	1.45 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.44 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.51 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	< 0.0001
58	1.44 $\pm$ 0.09 <sup>bc</sup>	1.37 $\pm$ 0.08 <sup>bc</sup>	1.32 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	1.69 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.62 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.79 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	< 0.0001
65	1.53 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>	1.52 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	1.57 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	1.78 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.77 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.88 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.0002
72	1.72 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>	1.68 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>	1.67 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	1.97 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	1.99 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	2.08 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.0031
Consumo de alimento (kg)							
37	0.34 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.37 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.39 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.79 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.72 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.74 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	< 0.0001
44	0.26 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.27 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>	0.19 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.32 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>	0.35 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>	0.47 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.0089
51	0.36 $\pm$ 0.11 <sup>ab</sup>	0.42 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.20 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.39 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>	0.45 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.45 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.0170
58	0.54 $\pm$ 0.11	0.32 $\pm$ 0.10	0.41 $\pm$ 0.10	0.42 $\pm$ 0.10	0.35 $\pm$ 0.10	0.44 $\pm$ 0.10	0.4518
65	0.40 $\pm$ 0.12	0.53 $\pm$ 0.11	0.76 $\pm$ 0.11	0.35 $\pm$ 0.11	0.51 $\pm$ 0.10	0.39 $\pm$ 0.10	0.0520
72	0.74 $\pm$ 0.11	0.59 $\pm$ 0.11	0.39 $\pm$ 0.11	0.63 $\pm$ 0.10	0.73 $\pm$ 0.10	0.70 $\pm$ 0.10	0.6343

T1= control (n=18), T2= 0.25 g / kg de AEO (n=14), T3= 0.40 g / kg de AEO (n=16), T4= 20% de BO (n=16), T5= 0.25 g / kg de AEO + 20% de BO (n=18) y T6= 0.40 g / kg de AE + 20% de BO (n=18).

<sup>abc</sup> Diferentes literales entre columnas indican diferencia significativa ( $P<0.05$ ).

El consumo de alimento fue influenciado por efecto de los tratamientos ( $P<0.0001$ ). A los 37 días de edad, el mayor consumo (0.79 kg) lo tuvieron los conejos del T4. Al día 44 ( $P=0.0089$ ), los conejos del T6 presentaron mayor consumo (0.47 kg), mientras que los conejos del T3 tuvieron los menores consumos (0.19 kg). A los 51 d de edad ( $P=0.0170$ ), los

animales del T2, T5 y T6 presentaron los mayores consumos (0.42, 0.45 y 0.45 kg, respectivamente), en el mismo periodo los conejos del T3 tuvieron el menor consumo de alimento (0.20 kg). De los 58 a los 72 días, el tratamiento no influyó en el consumo de alimento ( $P=0.4518$ , 58 d;  $P=0.0520$ , 65 d;  $P=0.6343$ , 72 d). Los resultados encontrados podrían deberse al tipo de fibra aportada por el BO; Margüenda *et al*<sup>(31)</sup> mencionaron que el nivel y el tipo de fibra son factores importantes para regular el tiempo de retención en el ciego y por tanto el consumo de alimento. Por otra parte, Bakkali *et al*<sup>(5)</sup> indicaron que algunos componentes de los aceites esenciales no tienen objetivos celulares específicos, pero pueden provocar cierta toxicidad membranal, similar al mecanismo de acción bactericida; en los organismos eucariotas provocan despolarización de las membranas mitocondriales, disminuyendo el potencial de membrana, lo que afecta algunos canales iónicos, y como consecuencia el pH disminuye y modifica la actividad enzimática digestiva. Al respecto, se ha señalado<sup>(32)</sup> que los compuestos fenólicos presentes en el orégano favorecen la absorción de nutrientes y estimulan la secreción de enzimas digestivas. Esto pudo ocasionar que a los 37, 44 y 51 días los animales alimentados con BO presentaran mayor consumo y peso vivo, mientras que en el resto de los periodos no hubo diferencia entre tratamiento; probablemente porque los animales ya estaban habituados al alimento y aumentaron su consumo con respecto a los periodos anteriores.

La ganancia semanal de peso fue influenciada por efecto de los tratamientos (Cuadro 3). Al día 37 ( $P<0.0001$ ) los conejos suplementados con BO (T4) presentaron las mayores ganancias (0.34 kg), mientras que los de T1 y T2 las menores (0.13 kg). A los 44 d de edad ( $P=0.0172$ ) la mejor ganancia de peso (0.28 kg) se observó en el T6, mientras que la menor se encontró en T3 (0.09 kg). Al día 51 ( $P=0.0126$ ) las ganancias de peso más elevadas se registraron en los T2, T4 y T6 (0.14 kg), y las más bajas en T3 (0.05 kg). A los 65 d ( $P=0.0257$ ), T3 tuvo la mayor ganancia de peso (0.23 kg), mientras que los animales de T6 fueron los que ganaron menos (0.10 kg). En 58 ( $P=0.3752$ ) y 72 d ( $P=0.7100$ ) no se encontró diferencia en la ganancia de peso, lo que coincide con el consumo de alimento en dichos periodos, similar en todos los tratamientos. La mayor ganancia de peso a los días 37, 44 y 51 d de T6 se puede explicar el mayor consumo de alimento observado en dicho tratamiento durante el mismo periodo. Los resultados encontrados muestran una clara relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso, sugiriendo que la suplementación con orégano influye sobre la ganancia de peso.

**Cuadro 3:** Eficiencia productiva de conejos suplementados con aceite esencial y bagazo de orégano mexicano (medias de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar)

Varia bles/ Días	Tratamientos						P- value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Ganancia de peso semanal (kg)							
37	0.13 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.13 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.15 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.34 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.32 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.31 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	< 0.0001
44	0.17 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.16 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.09 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.19 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.22 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.28 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.0172
51	0.11 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.14 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.05 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.14 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.12 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.14 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.0126
58	0.37 $\pm$ 0.05	0.17 $\pm$ 0.05	0.25 $\pm$ 0.05	0.23 $\pm$ 0.05	0.18 $\pm$ 0.05	0.27 $\pm$ 0.05	0.3752
65	0.11 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.15 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.23 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.09 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.15 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	0.10 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.0257
72	0.20 $\pm$ 0.05	0.17 $\pm$ 0.05	0.10 $\pm$ 0.05	0.19 $\pm$ 0.05	0.22 $\pm$ 0.05	0.20 $\pm$ 0.05	0.7100
Conversión alimenticia							
37	3.62 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	2.91 $\pm$ 0.26 <sup>ab</sup>	3.00 $\pm$ 0.26 <sup>ab</sup>	2.35 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	2.24 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	2.69 $\pm$ 0.26 <sup>ab</sup>	0.0138
44	3.48 $\pm$ 0.26	3.64 $\pm$ 0.26	4.61 $\pm$ 0.26	3.82 $\pm$ 0.26	3.30 $\pm$ 0.26	3.52 $\pm$ 0.26	0.1764
51	3.76 $\pm$ 0.28	3.40 $\pm$ 0.26	4.09 $\pm$ 0.26	3.16 $\pm$ 0.26	3.97 $\pm$ 0.26	3.35 $\pm$ 0.26	0.1310
58	3.67 $\pm$ 0.29	3.88 $\pm$ 0.26	3.93 $\pm$ 0.26	4.00 $\pm$ 0.27	3.51 $\pm$ 0.26	3.94 $\pm$ 0.26	0.5642
65	4.08 $\pm$ 0.30	4.31 $\pm$ 0.27	3.57 $\pm$ 0.27	4.02 $\pm$ 0.27	4.04 $\pm$ 0.26	4.15 $\pm$ 0.26	0.2297
72	4.13 $\pm$ 0.28	3.87 $\pm$ 0.27	4.05 $\pm$ 0.27	3.64 $\pm$ 0.27	3.57 $\pm$ 0.26	3.72 $\pm$ 0.26	0.1695

T1= control (n=18), T2= 0.25 g / kg de AEO (n=14), T3= 0.40 g / kg de AEO (n=16), T4= 20% de BO (n=16), T5= 0.25 g / kg de AEO + 20% de BO (n=18) T6= 0.40 g / kg de AE + 20% de BO (n=18).

<sup>ab</sup> Diferentes literales entre columnas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

La conversión alimenticia (CA) fue influenciada por efecto de los tratamientos al inicio del estudio. En el día 37 ( $P=0.0138$ ) la mejor conversión estuvo en T5 (2.24), mientras que el tratamiento control presentó la mayor CA (3.62). A los 44 ( $P=0.1764$ ), 51 ( $P=0.1310$ ), 58 ( $P=0.5642$ ), 65 ( $P=0.2297$ ) y 72 d de edad ( $P=0.1695$ ) el tratamiento no influyó sobre CA. Los resultados encontrados pueden ser debido a que durante los primeros días de estudio los conejos habían sido destetados, y movilizados del alojamiento en el que se encontraban, lo que pudo representar cierto nivel de estrés en ellos; sin embargo, los conejos que consumieron orégano presentaron la mejor conversión, y de acuerdo con Abdel-Khalek<sup>(29)</sup> la adición de agentes antioxidantes en la dieta de conejos contribuye a disminuir los efectos negativos del estrés. Lo anterior puede corroborarse con lo encontrado en las semanas posteriores, donde los conejos ya estaban habituados a las condiciones externas y por lo tanto no presentaron diferencia significativa en dichos periodos para la conversión alimenticia.

El Cuadro 4 presenta el efecto del aceite esencial y bagazo de orégano en el sacrificio y características de la canal de conejos. El rendimiento de la canal caliente (RCC) presentó efecto de los tratamientos ( $P < 0.0004$ ); T2 (48.19 %), T4 (50.66%) y T5 (49.87 %) presentaron el mayor rendimiento y T1 tuvo el menor (44.27 %). El rendimiento de los



órganos del tracto digestivo también fue influenciado por los tratamientos ( $P<0.0020$ ); T4 presentó el menor rendimiento (21.02 %), mientras que T1 y T3 mostraron los mayores rendimientos (29.67 y 28.36 % respectivamente). El rendimiento de la cabeza ( $P<0.0050$ ) fue mayor en los conejos de T1 (10.28 %) y menor en T4 (8.70 %) y T6 (8.68 %). El rendimiento de las vísceras torácicas ( $P=0.4064$ ), patas ( $P=0.6988$ ), piel ( $P=0.0542$ ) y sangre ( $P=0.0530$ ) no fue influenciado por efecto de los tratamientos. El menor rendimiento de vísceras abdominales puede atribuirse a la fibra proporcionada por BO, ya que esta puede estimular mecánicamente los movimientos peristálticos, promoviendo la circulación del contenido gastrointestinal<sup>(33)</sup>; así mismo, puede regular estos procesos a través de los compuestos generados por la fermentación del alimento ingerido<sup>(30)</sup>. Por otra parte, los mayores rendimientos observados en los tratamientos que tenían orégano puede ser atribuido a lo indicado por Hernández y Dalle-Zotte<sup>(19)</sup>, los conejos tienen la capacidad de mejorar la incorporación de ácidos grasos y nutrientes proporcionados en la dieta al músculo. Esto sugiere que los conejos suplementados con orégano, incorporaron algunos compuestos de este a la carne, y por lo tanto las características químicas de la carne se modificaron, incrementando el rendimiento.

**Cuadro 4:** Efecto del aceite esencial y bagazo de orégano en el rendimiento de los componentes cárnicos y no cárnicos de conejo (%)

	Tratamiento						P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Canal caliente	44.27±1.12 <sup>b</sup>	48.19±1.00 <sup>a</sup> b	47.27±1.24 <sup>a</sup> b	50.66±1.18 <sup>a</sup>	49.87±1.00 a	47.20±0.97 <sup>a</sup> b	<0.004
Canal fría	43.07±1.05 <sup>b</sup>	47.80±0.93 <sup>a</sup>	46.62±1.16 <sup>a</sup> b	49.63±1.10 <sup>a</sup>	48.54±0.93 a	46.87±0.91 <sup>a</sup> b	<0.001
Tracto digestivo	29.67±0.85 <sup>a</sup>	24.49±0.76 <sup>b</sup>	28.36±0.94 <sup>a</sup>	21.02±0.90 <sup>c</sup>	23.39±0.76 cb	23.44±0.74 <sup>c</sup> b	<0.002
Vísceras torácicas <sup>2</sup>	1.22±0.43	1.19±0.38	1.14±0.47	1.10±0.45	1.18±0.38	1.19±0.37	Ns
Cabeza	10.28±0.31 <sup>a</sup> b	9.085±0.27 <sup>b</sup> c	10.27±0.34 <sup>a</sup>	8.70±0.32 <sup>c</sup>	9.07±0.27 <sup>bc</sup>	8.68±0.27 <sup>c</sup>	<0.005
Patas y manos	3.91±1.03	5.37±0.91	3.89±1.14	3.51±1.09	3.61±0.91	4.63±0.89	Ns
Piel	8.01±0.53	8.02±0.47	9.03±0.59	10.03±0.56	9.25±0.47	9.28±0.46	Ns
Sangre	3.14±0.54	4.62±0.48	2.65±0.60	4.45±0.57	3.26±0.48	4.19±0.47	Ns
Rendimiento de cortes tecnológicos (%)							
Pierna	37.72 ± 1.11	36.83 ± 0.97	37.63 ± 1.26	37.72 ± 1.15	39.22 ± 0.97	± 37.58 ± 0.92	Ns
Brazos	14.56 ± 0.44	13.37 ± 0.38	14.46 ± 0.50	14.21 ± 0.46	14.57 ± 0.38	± 14.30 ± 0.37	Ns

Lomo	20.94 0.74 <sup>b</sup>	± 24.65 0.64 <sup>a</sup>	± 23.46 0.84 <sup>ab</sup>	± 25.27 0.76 <sup>a</sup>	± 26.06 0.64 <sup>a</sup>	± 24.89 0.61 <sup>a</sup>	±	<0.001
Costillar	20.24 ± 0.59	20.98 ± 0.51	21.90 ± 0.67	22.49 ± 0.61	21.94 0.51	±	21.90 ± 0.49	Ns

T1= control (n=18), T2= 0.25 g / kg de AEO (n=14), T3= 0.40 g / kg de AEO (n=16), T4= 20% de BO (n=16), T5= 0.25 g / kg de AEO + 20% de BO (n=18) y T6= 0.40 g / kg de AE + 20% de BO (n=18).

Vísceras torácicas: Pulmones, tráquea, esófago y corazón.

<sup>abc</sup> Diferentes literales en el mismo renglón indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Con respecto al rendimiento de los cortes tecnológicos de la canal, la suplementación con AEO y BO no influyeron sobre el rendimiento de las piernas ( $P=0.6256$ ), los brazos ( $P=0.1587$ ) y el costillar ( $P=0.1810$ ); sin embargo, el rendimiento del lomo fue más alto ( $P < 0.0001$ ) en T2 (24.65 %), T4 (25.27 %), T5 (26.06 %) y T6 (24.89 %). De acuerdo con Dalle-Zotte y Szendrö<sup>(3)</sup>, las piezas que conforman la canal (piernas, brazos, costillar y lomo), el lomo presenta bajo contenido de grasa; no obstante, el conejo tiene la capacidad de incorporar los ácidos grasos proporcionados en la dieta al tejido lipídico y la grasa inter e intramuscular; así podría explicarse el mayor rendimiento del lomo de animales alimentados con orégano. En relación a las piernas, brazos y costillar no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) de los tratamientos, ya que de manera normal presentan mayor contenido de grasa.

Por otra parte, García *et al*<sup>(34)</sup> observaron que la fermentación cecal origina cantidades variables de ácidos grasos volátiles a partir de la fibra proporcionada en la dieta, los cuales al ser absorbidos parcialmente cubren del 10 al 30 % de los requerimientos de energía de mantenimiento<sup>(35,36,37)</sup>, representando un aporte energético extra a lo esperado al momento de balancear la ración alimenticia.

Con respecto al pH, se encontró que; el pH de la carne de los conejos en los T1 y T4 incrementó ( $P=0.0190$ ) conforme transcurría el tiempo (5.18 – 5.90 y 5.75 – 5.90, 24 h y 10 días *post mortem* respectivamente), mientras que la carne de T2 y T3 se mantuvieron ( $P > 0.5524$ ) a lo largo del tiempo (Cuadro 5).

**Cuadro 5:** Efecto del aceite esencial y bagazo de orégano en el pH, capacidad de retención de agua y color de la carne de conejo

	Tratamientos						P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
24 h <i>post mortem</i>							
pH	5.18±0.03 <sup>b</sup>	5.80±0.03 <sup>ab</sup>	5.82±0.03 <sup>a</sup>	5.75±0.03 <sup>b</sup>	5.76±0.03 <sup>b</sup>	5.73±0.02 <sup>b</sup>	0.0002
CRA (%)	55.99±1.45 <sup>ab</sup>	59.40±1.62 <sup>a</sup>	53.07±1.77 <sup>b</sup>	60.30±1.45 <sup>a</sup>	57.52±1.45 <sup>ab</sup>	60.59±1.45 <sup>a</sup>	0.0500
L*	62.26±0.82	56.60±0.73	59.78±1.01	56.66±0.91	57.06±0.76	57.19±0.66	0.3373
a*	5.63±0.68	4.09±0.62	4.84±0.82	3.73±0.74	4.51±0.64	4.08±0.56	0.3111
b*	7.51±0.44 <sup>a</sup>	4.44±0.40 <sup>c</sup>	6.34±0.52 <sup>a</sup>	4.68±0.47 <sup>bc</sup>	5.33±0.41 <sup>bc</sup>	5.18±0.37 <sup>bc</sup>	0.0430
10 días <i>post mortem</i>							
pH	5.90±0.03	5.87±0.03	6.00±0.04	5.90±0.03	5.89±0.03	5.92±0.03	0.5464
L*	55.90±0.82	57.92±0.73	57.47±0.95	58.73±0.91	56.50±0.70	58.59±0.71	0.3373
a*	9.23±0.68	6.95±0.62	7.71±0.78	6.89±0.74	7.63±0.60	6.25±0.60	0.3111
b*	7.11±0.44 <sup>a</sup>	4.94±0.40 <sup>b</sup>	6.82±0.49 <sup>a</sup>	5.81±0.47 <sup>ab</sup>	5.57±0.39 <sup>ab</sup>	5.76±0.39 <sup>ab</sup>	0.0430

L\* = luminosidad; a\* = tendencia al color rojo; b\* = tendencia al color amarillo; pH= potencial de hidrógeno; CRA= capacidad de retención de agua.

T1= control (n=18), T2= 0.25 g / kg de AEO (n=14), T3= 0.40 g / kg de AEO (n=16), T4= 20% de BO (n=16), T5= 0.25 g / kg de AEO + 20% de BO (n=18) y T6= 0.40 g / kg de AE + 20% de BO (n=18).

<sup>ab</sup> Diferentes literales entre líneas indican diferencia estadística entre tratamientos en el tiempo *post mortem* ( $P<0.05$ ).

La CRA fue influenciada por efecto de los tratamientos ( $P=0.0500$ ); la carne de T2, T4 y T6 presentaron mayor CRA (59.40, 60.30 60.59 % respectivamente), y T3 (53.07 %) exhibió la menor CRA. La actividad antioxidante del orégano sobre las fibras musculares<sup>(38)</sup> pudo haber influido sobre CRA, ya que en especies como el pollo se ha encontrado que la adición de agentes antioxidantes en la dieta preserva la funcionalidad de las membranas e incrementan su actividad como barrera semipermeable<sup>(39)</sup>. Contrariamente, Meineri *et al*<sup>(40)</sup> no observaron el mismo efecto al adicionar *Salvia hispánica* en la dieta de conejos. Por otra parte, el pH se relaciona directamente con la CRA y éste puede variar de acuerdo a la hidrólisis de proteínas con liberación de amoníaco y la hidrólisis de lípidos con liberación de ácidos grasos<sup>(41)</sup>. Se ha mencionado<sup>(42)</sup> que los aceites esenciales pueden coagular el citoplasma dañando los lípidos y proteínas; el daño a la membrana celular puede provocar la salida de

macromoléculas y lisis<sup>(43,44)</sup> modificando el pH<sup>(5)</sup>, lo que afectaría la estabilidad de las proteínas impactando directamente en la CRA<sup>(45)</sup>. Por otra parte, Dalle-Zotte y Zsendrö<sup>(3)</sup> mencionaron que la carne de conejo se caracteriza por ser rica en ácidos grasos insaturados y esto representa un problema para la carne, ya que es más sensible a la oxidación<sup>(29)</sup>; en consecuencia, la funcionalidad de las membranas celulares es disminuida parcial o totalmente<sup>(40)</sup>. Distintos estudios<sup>(2,3,46)</sup> reportaron una actividad antioxidante de los compuestos del orégano, sin embargo Cox *et al*<sup>(42)</sup> encontraron que algunos componentes de las plantas aromáticas como el orégano pueden tener un efecto negativo sobre los lípidos y proteínas, debido a que no tienen receptores celulares específicos<sup>(5)</sup>; esto podría atribuirse a la diferencia encontrada en pH a las 24 h y 10 d *post mortem* en la carne de animales de T4. Respecto al color; la luminosidad (L\*) no fue influenciada por los tratamientos ( $P=0.3373$ ) en 24 h y 10 días *post mortem*; a excepción del T1 de 24 h a 10 días, ya que la carne de T1 fue más luminosa a las 24 h. La tendencia al color rojo (a\*) no fue influenciada por el tratamiento ( $P=0.3111$ ) pero si por el tiempo ( $P<0.0004$ ), ya que a los 10 días *post mortem* el valor de a\* aumentó en todos los tratamientos. La tendencia al color amarillo (b\*) fue influenciada por efecto de los tratamientos ( $P<0.0430$ ); T1 y T3 presentaron el mayor valor, mientras que T2 presentó el menor.

Los resultados encontrados difieren con lo reportado por algunos autores, quienes al adicionar hojas de orégano<sup>(14)</sup> en la dieta y AEO en el agua de conejos en crecimiento<sup>(23)</sup>, no encontraron efecto; lo anterior puede ser debido a que la dosis de AEO administrada fue menor a la evaluada en esta investigación con AEO y BO mexicano que pudieron influir en el color de la carne, debido al contenido de algunos compuestos fenólicos<sup>(47)</sup>. En otras especies como las aves, ha sido observado que dosis altas de aceite esencial ( $500 \text{ mg kg}^{-1}$ ) en la dieta provocan un efecto antioxidante significativo<sup>(48)</sup>. Además, la presencia de oxígeno sobre la fibra muscular oxida la carne, tomando un color más oscuro<sup>(45)</sup>; esto explicaría el valor alto de a\* encontrado en los 10 días *post mortem* de todos los tratamientos, y menor L\* en el tratamiento control (T1), lo que indica un efecto de la actividad antioxidante de los compuestos del orégano<sup>(49)</sup>. Esto podría sugerir cambios en las características nutricionales y físicas de la carne, que podrían ser de interés para los investigadores.

## Conclusiones e implicaciones

Los resultados confirman que el BO puede ser parte integral de la dieta de conejos de engorda. Incluir 20% de bagazo de orégano en la dieta, influye positivamente en la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, el rendimiento en canal y del lomo e incrementa la capacidad de retención en agua; así mismo la combinación  $0.25 \text{ g kg}^{-1}$  de AEO + 20% BO tiene un efecto similar. Finalmente, la concentración mínima de aceite esencial de orégano

(0.25 g kg<sup>-1</sup> de AEO) es suficiente para impactar las características productivas y de calidad. En conclusión, la inclusión de aceite esencial y bagazo de orégano (solos o combinados) en la dieta de conejos de engorda mejora las características productivas, calidad de la canal y carne.

## Literatura citada:

1. Dalle Zotte, A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest Prod Sci* 2002;75(1):11-32.
2. Pla, MA. comparison of the carcass traits and meat quality of conventionally and organically produced rabbits. *Livest Sci* 2008;115(1):1-12.
3. Dalle-Zotte A, Szendrő Z. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci* 2011;88: 319-331.
4. Cullere M, Dalle Zotte A. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Sci* 2018;143:137-146.
5. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils, review. *Food Chem Toxicol* 2008;46(2):446-475.
6. García-Pérez E, Castro-Álvarez FF, Gutiérrez-Urbe JA, García-Lara S. Revision of the production, phytochemical composition, and nutraceutical properties of Mexican oregano. *Rev Mex Cienc Agríc* 2012;3(2):339-353.
7. Zavala N, Loarca P, García G. Evaluación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad citotóxica sobre células CaCo-2 del extracto acuoso de orégano (*Lippia graveolens* kunth). Congreso Nacional de Química Médica, Querétaro, México. 2006.
8. Corral TLC. Aprovechamiento de los residuos que se generan en la extracción del aceite esencial de orégano (*Lippia graveolens* HBK.s.l.) [tesis maestría]. Instituto Politecnico Nacional. Durango, Mexico; 2011.
9. Rolando A. Aceite esencial de orégano: tratamiento por digestión anaeróbica de los residuos generados en su obtención [tesis licenciatura]. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de Luján; 2007.
10. Avila-Sosa R, Gastelum-Franco MG, Camacho-Davila A, Torres-Muñoz JV, Nervárez-Moorillon GV. Extracts of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* schauer) with antioxidant and antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol* 2010;3(3):434-440.

11. Arcila-Lozano CC, Loarca-Piña G, Lecona-Uribe S, Gonzales de Mejía E. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Arch Latinoam Nutr 2004;54(1):100-111.
12. Vazquez SR, Dunford NT. Bioactive components of Mexican oregano oil as affected by moisture and plant maturity. J Essent Oil Res 2005;17:668-671.
13. Soultos N, Tzikas Z, Christaki E, Papageorgiou K, Steris V. The effect of dietary oregano essential oil on microbial growth of rabbit carcasses during refrigerated storage. Meat Sci 2009;81:474-478.
14. Rotolo R, Gai F, Nicola S, Zoccarato I, Brugiapaglia A, Gasco L. Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits. J Integr Agr 2013;12:1937-1945.
15. Cardinali R, Dal-Bosco A, Mugnai C, Matioli S, Ruggeri S, Dalle-Zotte A, Sartori A, Cullere M, Castellini C. Proc 10 th World Rabbit Congress. Effect of different dietary aromatic essences on meat quality of rabbit. W.R.S.A. Shark El-Sheikh, Egypt. 2012.
16. Méndez-Zamora G, Durán-Meléndez LA, Aquino-López JL, Santellano-Estrada E, Silva-Vázquez R. Efecto del aceite de orégano (*Poliomintha longiflora Gray*) sobre la productividad y calidad de carne de conejos. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 2016;3:259-265.
17. Carabaño R, Piquer J, Menoyo D, Badiola I. The digestive system of the rabbit. In: de Blas C, Wiseman J editors. Nutrition of the rabbit. 2nd ed. Wallingford, UK: CAB International; 2010:1-18.
18. Mora-Valverde D. Usos de la morera (*Morus alba*) en la alimentación del conejo. El rol de la fibra y la proteína en el tracto digestivo. Agronomía Mesoamericana 2010;21:357-366.
19. Hernández P, Dalle Zotte A. Influence of diet on rabbit meat quality In: de Blas C, Wiseman J editors. Nutrition of the rabbit. 2<sup>nd</sup> ed. Wallingford, UK: CAB International; 2010;163-178.
20. Rodríguez-Álvarez M, Alcaraz-Meléndez L, Real-Cosío SM. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC. La Paz, Baja California Sur, México. 2012.
21. NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. Norma Oficial Mexicana 1999. <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>. Consultado 15 May, 2019.

22. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Norma Oficial Mexicana 2014. <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>. Consultado 15 May, 2019.
23. Simonová MP, Chrastinová L', Mojto J, Lauková A, Szábová R, Rafay J. Quality of rabbit meat and phyto-additives. *Czech J Food Sci* 2010;28:161-167.
24. Blasco A, Ouhayoun J. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci* 1993;4(2):93-99.
25. Owen J, Nuñez F, Arias M, Cano de los Ríos O. Manual de prácticas para cursos de tecnología de la carne. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua., Chihuahua, Chih., México; 1982.
26. CIE. International Commission on Illumination. Colorimetry. Vienna, Austria: Bureau Central de la CIE 1976. <http://www.cie.co.at/>. Consultado 15 May, 2019.
27. SAS. Statistical Analysis System. Version 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, 2006.
28. Botsoglou NA, Florou-Paneri P, Christaki E, Giannenas I, Spais AB. Performance of rabbits and oxidative stability of muscle tissues as affected by dietary supplementation with oregano essential oil. *Arch Anim Nutr* 2004;58(3):209-218.
29. Abdel-Khalek AM. Supplemental antioxidants in rabbit nutrition: A Review. *Livest Sci* 2013;158:95-105.
30. Gidenne T. Recent advances in rabbit nutrition: emphasis on fiber requirements. A review. *World Rabbit Sci* 2010;8(1):23-32.
31. Margüenda I, Nicodemus N, Vadillo S, Sevilla L, García-Rebollar P, Villarroel M, Romero C, Carabaño R. Effect of dietary type and level of fiber on rabbit carcass yield and its microbiological characteristics. *Livest Sci* 2012;145:7-12.
32. Hashemi SR, Davoodi H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet Res Commun* 2011;35(3):169-180.
33. Trocino A, Xiccato G, Queaque PI, Sartori A. Effect of transport duration and gender on rabbit carcass and meat quality. *World Rabbit Sci* 2003;11(1):23-32.
34. García J, Carabaño R, de Blas JC. Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *J Anim Sci* 1999;77(4):898-905.
35. Hoover WH, Heitmann RN. Effects of dietary fibre levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty-acid production in rabbits. *J Nutr* 1972;102:375-380.

36. Parker DS. The measurement of production rates of volatile fatty acids in the caecum of the conscious rabbit. *Br J Nutr* 1976;36(1):61-70.
37. Marty J, Vernay M. Absorption and metabolism of the volatile fatty acids in the hind-gut of the rabbit. *Br J Nutri* 1984;51(2):265-277.
38. Stanley DW, Parkin KL. Biological membrane deterioration and associated quality losses in food tissues. *Crit Rev Food Sci* 1991;30(5):487-553.
39. Asghar A, Lin CF, Gray JI, Buckley DJ, Booren AM, Crackel RL, Flegal CJ. Influence of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation on membrane-bound lipid stability in broiler meat. *Brit Poultry Sci* 1989;30(4):815-823.
40. Meineri G, Cornale P, Tassone S, Peiretti PG. Effects of Chia (*Salvia hispánica* L.) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Ital J Anim Sci* 2010;9(10):45-49.
41. Dal Bosco A, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, Mugnai C, Cullere M, Kovács M, *et al.* Effect of dietary supplementation of spirulina (*Arthrospira platensis*) and thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display. *Meat Sci* 2014;96(Issue 1):114-119.
42. Cox SD, Gustafson JE, Mann CM, Markham JL, Liew YC, Hartland RP, Bell HC, Warmington JR, Wyllie SG. Tea tree oil causes K<sup>+</sup> leakage and inhibits respiration in *Escherichia coli*. *Lett Appl Microbiol* 1998;26:355-358.
43. Cox SD, Mann CM, Markham JL, Bell HC, Gustafson JE, Warmington JR, Wyllie SG. The mode of antimicrobial action of essential oil *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *J Appl Microbiol* 2000;88:170-175.
44. Lambert RJW, Skandamis PN, Coote PJ, Nychas GJE. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J Appl Microbiol* 2001;91:453-462.
45. Hui YH, Guerrero I, Rosmini MR. *Ciencia y tecnología de carnes*. LIMUSA. México; 2013.
46. Amadio C, Medina R, Dediol C, Zimmermann ME, Miralles S. Aceite esencial de orégano: un potencial aditivo alimentario. *Rev FCA UNCUYO* 2011;43:237-245.
47. Vijayalaxmi S, Jayalakshmi SK, Sreeramulu K. Polyphenols from different agricultural residues: Extraction, identification and their antioxidant properties. *J Food Sci Technol* 2015;52:2761-2769.



48. López-Bote CJ, Sanz M, Rey A, Castaño A, Thos J. Lower lipid oxidation in the muscle of rabbits fed diets containing oats. *Anim Feed Sci Tech* 1998;70:1-9.
49. Fasseas MK, Mountzouris KC, Tarantilis PA, Polissiou M, Zervas G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chem* 2007;106:1118-1194.